

**INVENTARIO, CARACTERIZACIÓN, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE
CONTROL Y MANTENIMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y
ESTABILIZACIÓN DE TALUDES ADELANTADOS EN EL MUNICIPIO DE
PEREIRA, DURANTE LA DÉCADA 1999-2009.**

**Co-investigadores
CRISTIAN CAMILO QUINTERO FIGUEROA
COD. 700717**

**JOSE ALBEIRO VALLEJO BEDOYA
COD.700757**



**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA
2011**

**INVENTARIO, CARACTERIZACIÓN, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE
CONTROL Y MANTENIMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACION Y
ESTABILIZACIÓN DE TALUDES ADELANTADOS EN EL MUNICIPIO DE
PEREIRA, DURANTE LA DÉCADA 1999-2009.**

Co-investigadores:

**CRISTIAN CAMILO QUINTERO FIGUEROA
JOSE ALBEIRO VALLEJO BEDOYA**

**TRABAJO DE GRADO
PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

Investigador principal:

**ALEJANDRO ALZATE BUITRAGO
GEÓLOGO**



**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
PEREIRA
2011**

NOTA DE ACEPTACIÓN :

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Pereira, Noviembre 15 del 2011

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado la salud para lograr mis objetivos. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarte cada día más.

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por haberme brindado la oportunidad de prepararme profesionalmente, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien pero más que nada, por su amor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco muy especialmente a todas las personas e instituciones que de una u otra forma han apoyado este proyecto profesional.

A la universidad libre seccional Pereira por acogerme durante algo más de 5 años en sus aulas y donde puede edificar gran parte del conocimiento que necesita un buen profesional.

Al Docente Alejandro álzate por ser el director e investigador de este proyecto de grado y brindarme mucho de su experiencia y conocimiento en la materia de gestión del riesgo y desarrollo sostenible y que me permitió tener la base conceptual para este proyecto.

A todos mis compañeros de la universidad libre seccional Pereira de los cuales he aprendido infinitas cosas durante este tiempo de estadía en la universidad, y principalmente por brindarme su amistad.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN.....	21
1 ANTECEDENTES.....	22
1.1 ESCENARIO DEL DESASTRE (SIMPLIFICADO) DEL SISMO DEL 25 DE ENERO DE 1999	24
1.2 AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS O MOVIMIENTOS DE MASA	26
1.3 AMENAZA POR INUNDACIONES Y CRECIENTES	26
2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	27
2.1 FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	28
3 JUSTIFICACIÓN	29
3.1 LA URBANIZACIÓN ACELERADA.....	29
3.2 LA POBREZA.....	30
3.3 FACTORES AMBIENTALES	30
4 OBJETIVOS	33
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	33
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	33
5 MARCOS DE REFERENCIA	34
5.1 MARCO TEÓRICO.....	34
5.2 LA PREVENCIÓN	34
5.3 ELUSIÓN DE LA AMENAZA	35
5.4 CONTROL.....	36
5.5 ESTABILIZACIÓN	37
5.6 CONTROL DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS.....	41
5.7 DURABILIDAD Y MANTENIMIENTO	42
5.8 ESTÉTICA.....	42
5.9 CRITERIOS DE COMPORTAMIENTO.....	42
6 MARCO CONCEPTUAL.....	44
7 MARCO LEGAL Y NORMATIVO	79
8 MARCO METODOLÓGICO.....	80
8.1 DISEÑO METODOLÓGICO	80
8.2 CUADRO DE DISEÑO METODOLÓGICO	82

9	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	83
9.1	INVENTARIO DE OBRAS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y/O ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EJECUTADAS EN EL PERÍMETRO URBANO DEL MUNICIPIO DE PEREIRA, DURANTE LA ÚLTIMA DÉCADA.....	83
9.2	DEFINICIÓN DE LA FUNCIONALIDAD, ESTADO Y VIDA ÚTIL DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y/O ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EJECUTADAS EN EL PERÍMETRO URBANO DEL MUNICIPIO DE PEREIRA, SEGÚN ESTÁNDARES INGENIERILES Y REGLAMENTACIÓN VIGENTE	98
9.3	VARIABLES DE IMPORTANCIA	107
9.4	GEOREFERENCIACIÓN DE DATOS Y SITIOS EVALUADOS	113
9.5	Definición del PROTOCOLO de estándares mínimos para la presentación de estudios y resultados de estabilidad de taludes y un manual de mantenimiento de obras	118
10	CONCLUSIONES	124
11	RECOMENDACIONES	127
	BIBLIOGRAFÍA	129
	INFOGRAFÍA.....	131
	ANEXOS.....	132

LISTA DE FOTOS

Pág.

Foto 1. Asentamiento en riesgo, Bosques de Combia	29
Foto 2. Viviendas en corona de ladera	30
Foto 3. Socavación Río Consota	30

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Elementos de un talud	44
Figura 2. Elementos de una ladera natural	44
Figura 3. Tipos de muro en concreto reforzado	51
Figura 4. Tipos de muro en concreto reforzado	52
Figura 5. Tipos de muro en concreto reforzado	52
Figura 6. Muro en concreto simple.....	53
Figura 7. Muro en concreto simple.....	54
Figura 8. Muro en gaviones	56
Figura 9. Tipos de mallas utilizadas para gaviones	57
Figura 10. Tipos de mallas utilizadas para gaviones	58
Figura 11. Tipos de mallas utilizadas para gaviones	59
Figura 12. Diafragma interiores en unidad de gaviones.....	60
Figura 13. Muros criba	61
Figura 14. Muro en llantas usadas.....	62
Figura 15. Muro en piedra.....	63
Figura 16. . Esquema de estructuras ancladas.....	64
Figura 17. Esquema de estructura anclada	66
Figura 18. Esquema de estructura anclada	67

Figura 19. Esquema de estructura enterrada	68
Figura 20. Esquema de estructura enterrada	68
Figura 21. Esquema de estructura enterrada	69
Figura 22. Esquema trinchos en madera	70
Figura 23. Esquema zanja de coronación.....	73
Figura 24. Esquema zanja de coronación.....	73
Figura 25. Esquema de canales colectores espina de pescado	74
Figura 26. Esquema de entrega de canales interceptores a mitad de talud	75
Figura 27. Esquema de un canal rápido	76
Figura 28. Esquema canal de entrega con gradas de disipación.....	77
Figura 29. Esquema general de colocación de un subdren de penetración	78
Figura 30. Obras de mitigación	83
Figura 31. Obras de mitigación	84
Figura 32. Obras de mitigación	84
Figura 33. Formato general de campo Primera pagina Secciones para diligenciamiento	101
Figura 34. Formato general de campo- Segunda página Secciones para diligenciamiento	102
Figura 35. Programa sistema de información geográfica.....	113
Figura 36. Localización de obras de mitigación	113
Figura 37. Categorización de obras de mitigación	114
Figura 38. Base de datos asociada a la georeferenciación	114

Figura 39. (Continuación)	115
Figura 40. Ejemplo de localización y consulta de información	115
Figura 41. Hipervínculo para consulta de información	116
Figura 42 . Consulta de formato de campo	116
Figura 43. Consulta registro fotográfico	117
Figura 44. Consulta de video	117
Figura 45. Consulta esquema auto CAD	118
Figura 46. Manual de mantenimiento.....	123

LISTA DE GRÁFICAS

Pág.

Gráfica 1. Porcentajes máximos y mínimos de obras de mitigación	92
Gráfica 2. Obras de mitigación no localizadas	93
Gráfica 3. % De obras de mitigación en cada una de las comunas del municipio de Pereira	93
Gráfica 4. De obras de mitigación ubicadas en la comuna cuba.	94
Gráfica 5. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna consota	94
Gráfica 6. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna el oso	94
Gráfica 7. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna olímpica.....	95
Gráfica 8. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna san Nicolás	95
Gráfica 9. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna poblado	95
Gráfica 10. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna bostón	96
Gráfica 11. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna ferrocarril.....	96
Gráfica 12. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna oriente	96
Gráfica 13. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna universidad.....	97
Gráfica 14. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna centro	97
Gráfica 15. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna san juaquin.....	97
Gráfica 16. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna universidad.....	98
Gráfica 17. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna villa santana	98
Gráfica 18. Representación gráfica del entorno de los taludes o laderas	107

Gráfica 19. Representación gráfica del entorno de los taludes o laderas	108
Gráfica 20. Representación gráfica del entorno de los taludes o laderas	108
Gráfica 21. Representación gráfica del entorno de los taludes o laderas	108
Gráfica 22. Representación gráfica del entorno de los taludes o laderas	109
Gráfica 23. Representación gráfica del entorno de los taludes o laderas	109
Gráfica 24. Representación grafica de presencia de agua	110
Gráfica 25. Presencia de obras.....	111
Gráfica 26. Clase de gaviones	112
Gráfica 27. Presencia de Detonantes de posible inestabilidad	112

LISTA DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Resumen afectación por sectores municipio de Pereira sismo 25 de enero de 1999.....	24
Cuadro 2. Métodos de prevención de la amenaza o el riesgo	35
Cuadro 3. Métodos de elusión de amenazas de deslizamientos	35
Cuadro 4. Estructuras de control de masas en movimiento.....	36
Cuadro 5. Métodos de conformación topográfica para equilibrar fuerzas continuación.....	37
Cuadro 6. Métodos de recubrimiento de la superficie del talud	38
Cuadro 7. Métodos de control de agua y presión de poros	39
Cuadro 8. Métodos de estructuras de contención.....	40
Cuadro 9. Métodos para mejorar la resistencia del suelo	40
Cuadro 10. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muro rígido.	50
Cuadro 11. Ventajas y desventajas de los diversos Tipos de muro flexible.....	55
Cuadro 12. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de tierra reforzada. .	64
Cuadro 13. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de estructura anclada	65
Cuadro 14. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de estructura enterrada	67
Cuadro 15. Diseño metodológico.....	82
Cuadro 16. Listado de obras.....	85

Cuadro 17. (Continuación)	86
Cuadro 18. (Continuación)	87
Cuadro 19. Número de gaviones	88
Cuadro 20. Número de pilotes	88
Cuadro 21. Número de muros en mampostería estructural	89
Cuadro 22. Número de obras en perfilado	89
Cuadro 23. Número de muros en concreto reforzado	90
Cuadro 24. Número de trinchos	91
Cuadro 25. Número de obras no encontradas	91

RESUMEN

Este documento es el trabajo de grado para obtener el título de ingeniero civil de la universidad libre seccional Pereira y ha dado origen a la investigación **inventario, caracterización, evaluación y propuesta de control y mantenimiento de medidas de mitigación y estabilización de taludes adelantados en el municipio de pereira, durante la década 1999-2009.**

El objetivo de esta investigación es el de Adelantar el inventario, caracterización, evaluación, estado y vida útil de las medidas de mitigación y/o estabilización de taludes ejecutados en el municipio de Pereira, durante la década 1999-2009. El desarrollo de la investigación comprende tres etapas: 1). Elaboración del proyecto de investigación, 2). Indagación bibliográfica y analítica, 3). Trabajo de campo y resultados.

Los resultados de esta investigación permiten deducir que existe un gran inconveniente a la hora de presentar proyectos de mitigación o estabilidad de taludes en el municipio de pereira, esto sustentado en que primero no se conoce con claridad si existe ya una norma para la regulación de este tipo de proyectos a nivel regional, el segundo aspecto consiste en que existe un gran porcentaje de obras que están siendo afectadas por diferentes variables las cuales condiciona funcionalidad y vida útil de estas, sumándole la falta de mantenimiento que se observa en algunas obras agudizando más el problema.

Con este trabajo, pretendemos generar un nuevo instrumento bien sea normativo, protocolario o procedimentales con el objetivo de ayudar en la reducción del riesgo de desastres enfocado a la presentación de proyectos de mitigación y estabilización de taludes o laderas naturales.

GLOSARIO

ACANTILADO: un acantilado es un accidente geográfico que consiste en una pendiente o vertical abrupta. Normalmente se alude a acantilado cuando está sobre la costa, pero también pueden ser considerados como tales los que existen en montañas, fallas y orillas de los ríos. Cuando un acantilado costero de forma tabular alcanza grandes dimensiones se le denomina farallón.

BRACHIARIA: es un género de plantas herbáceas perteneciente a la familia de las poáceas. Es originario de África y de la región del Mediterráneo.

BUZAMIENTO: el buzamiento es el sentido u orientación de la inclinación de los estratos en un relieve de plegamiento formado en rocas sedimentarias, que son las que se disponen en forma de capas o estratos.

CAISSONS: el pozo de cimentación, también conocido por su nombre en francés caisson, es un tipo de cimentación semiprofunda, utilizada cuando los suelos no son adecuados para cimentaciones superficiales por ser blandos.

CANTOS: un canto rodado o guijarro es un fragmento de roca suelto, susceptible de ser transportado por medios naturales como las corrientes de agua, los corrimientos de tierra, etc. Aunque no se hace distinción de forma, en general, un canto rodado adquiere una morfología más o menos redondeada, subredondeada u oblonga, sin aristas y con la superficie lisa, debido al desgaste sufrido por los procesos erosivos.

CIZALLA: podadora - utilizada en jardinería para podar árboles y arbustos

COERCITIVAS: represivo, inhibitorio.

CURADO: mantener el hormigón o el mortero a una temperatura y humedad adecuadas para asegurar su hidratación y endurecimiento adecuados.

DERRUBIOS: acumulación de fragmentos de roca desplazados de su localización inicial debido a la gravedad, corrientes de agua, viento, etc.

DIACLASADOS: grieta o ruptura que se ha producido en una masa rocosa sin existir desplazamiento de los bloques situados a ambos lados de la misma.

EMBEBIDAS: empapar.

EMBEBIDO: meter una cosa dentro de otra.

ENTRÓPICAS: medida de la duda que se produce ante un conjunto de mensajes del cual se va a recibir uno solo.

ELONGADO: alargado de una pieza que se produce por el diámetro polar.

EROSIÓN: la erosión es la degradación y el transporte de material o sustrato del suelo, por medio de un agente dinámico, como son el agua, el viento o el hielo. Puede afectar a la roca o al suelo, e implica movimiento, es decir, transporte de granos y no a la disgregación de las rocas, fenómeno conocido como meteorización. La erosión es uno de los principales actores del ciclo geográfico.

ESQUISTOS: los esquistos constituyen un grupo de rocas metamórficas de grado medio, notables principalmente por la preponderancia de minerales laminares tales como la mica, la clorita, el talco, la hornablenda, grafito y otros.

GRADACIÓN: proceso o cambio que tiene lugar, de forma creciente o decreciente, por grados sucesivos.

INASEQUIBLE: que no es asequible, muy difícil de conseguir.

LICUEFACER: licuar. Se utiliza también como pronominal.

LICUEFACCIÓN: la licuefacción es un tipo de corrimiento, provocado por la inestabilidad de un talud. Es uno de los fenómenos más dramáticos y destructivos y, además, más polémicos y peor explicados que pueden ser inducidos en depósitos por acciones sísmicas.

La licuefacción de los suelos es un proceso observado en situaciones en que la presión de poros es tan elevada que el agregado de partículas pierde toda la resistencia al corte y el terreno su capacidad portante. Se producen en suelos granulares.

LITOLOGÍAS: la litología es la parte de la geología que trata de las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas. Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante.

LOBULADO: tipo de arco que en su desarrollo está formado por una o más porciones de circunferencia que se cortan en ángulo recto.

LUTITA: la lutita es una roca sedimentaria detrítica, es decir, formada por detritos, que está integrada por partículas del tamaño de la arcilla y del limo.

METEORIZACIÓN: la meteorización es la desintegración y descomposición de una roca en la superficie terrestre o próxima a ella como consecuencia de su exposición a los agentes atmosféricos, con la participación de agentes biológicos

MORFOMETRÍA: es un método que se utiliza en varias disciplinas, basado en la forma de ciertas cosas. De acuerdo a la forma y medidas de los objetos se pueden clasificar o identificar.

POLIÉSTER: el poliéster ($C_{10}H_8O_4$) es una categoría de polímeros que contiene el grupo funcional éter en su cadena principal. Los poliésteres que existen en la naturaleza son conocidos desde 1830, pero el término poliéster

generalmente se refiere a los poliésteres sintéticos (plásticos), provenientes de fracciones pesadas del petróleo. El poliéster termoplástico más conocido es el PET. El PET está formado sintéticamente con etilenglicol más tereftalato de dimetilo, produciendo el polímero o politericoetano. Como resultado del proceso de polimerización, se obtiene la fibra, que en sus inicios fue la base para la elaboración de los hilos para coser y que actualmente tiene múltiples aplicaciones, como la fabricación de botellas de plástico que anteriormente se elaboraban con PVC. Se obtiene a través de la condensación de dioles (grupo funcional di hidroxilo).

POLIETILENO: el polietileno (PE) es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva $\{CH_2-CH_2\}_n$. Por su alta producción mundial (aproximadamente 60 millones de toneladas son producidas anualmente (2005) alrededor del mundo) es también el más barato, siendo uno de los plásticos más comunes. Es químicamente inerte. Se obtiene de la polimerización del etileno (de fórmula química $CH_2=CH_2$ y llamado etano por la IUPAC), del que deriva su nombre.

POLIPROPILENO: el polipropileno (PP) es el polímero termoplástico, parcialmente, que cristalino obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Pertenecce al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.

PRETENSIONADOS: (pretensado) estirado previamente. Hormigón con las armaduras tensadas antes de su fraguado.

REPTACIÓN: la reptación, también denominada creep o creeping por algunos geólogos, es un tipo de corrimiento del suelo, provocado por la inestabilidad de un talud y la gravedad.

SISMOGÉNICA: falla en donde, en forma recurrente, se generan sismos.

TERRACEO: cultivo agrícola en una pendiente larga y fuerte que ha sido convertida en una serie de terrazas amplias, casi horizontales, con breves caídas verticales de una a otra y que siguen el contorno del terreno a fin de retener agua y reducir la erosión del suelo. (Miller 1994).

VAGUADAS: una vaguada es un fenómeno tanto geomorfológico como meteorológico. Según Joan Corominas, vaguada es palabra de origen incierto. Posiblemente alteración de un hipotético vacuada, supuesto derivado semiculto de vacuo, en el sentido de vacío, hueco. También podría ser un término procedente de aguada, la parte deprimida del relieve que resultaría la vía natural de las aguas corrientes.

VARIABLES: una variable es un símbolo que representa un elemento o cosa no especificada de un conjunto dado. Dicho conjunto es llamado conjunto

universal de la variable, universo o variar de la variable, y cada elemento del conjunto es un valor de la variable. Sea x una variable cuyo universo es el conjunto $\{1,3,5,7,9,11,13\}$; entonces x puede tener cualquiera de esos valores: 1,3,5,7,9,11,13. En otras palabras x puede reemplazarse por cualquier entero positivo impar menor que 14. Por esta razón, a menudo se dice que una variable es un reemplazo de cualquier elemento de su universo.

INTRODUCCIÓN

Este documento propone ofrecer algunas indicaciones, exponer criterios generales para la ejecución de obras de mitigación tanto en laderas naturales como en taludes amparados bajo la normatividad vigente.

Serán examinados, por esto alrededor de 74 obras de mitigación en todo el municipio de Pereira los cuales proporcionaran indicadores muy importantes para determinar la eficiencia, funcionamiento y el correcto diseño de estas obras a futuro en el municipio.

El propósito de este trabajo es el de aportar nuevas y útiles contribuciones a las entidades que les corresponde adelantar las tareas de mitigación en laderas y taludes especialmente en los sectores de diseño, facilitando el trabajo de los proyectistas y constructores que llevan a cabo estas tareas, con el objetivo de que sean utilizados correctamente los recursos de municipio y así evitar que se produzca gastos excesivos de dinero en obras que tal vez no sirvan o no sean las más idóneas para dar solución a un problema de estabilidad.

1. ANTECEDENTES

La República de Colombia está ubicada en el noroeste de Sudamérica, limita al norte con Panamá y el mar Caribe, al este con Venezuela y Brasil, al sur con Perú y Ecuador, y al oeste con el océano Pacífico. Se divide en 32 departamentos y un distrito capital. La capital y ciudad más grande es Bogotá D.C., relevante centro administrativo, industrial, financiero y comercial. Su topografía está dominada en el oriente por llanuras y la selva amazónica y en el centro-occidente por el sistema de las tres cordilleras que se originan al sur del territorio como resultado de la ramificación de los Andes, formando, entre las mismas, los denominados valles interandinos cuyos extremos en el norte del país convergen para formar extensas planicies con pequeños sistemas montañosos aislados.

Por su localización geográfica, Colombia tiene una muy alta complejidad tectónica en donde las placas de Nazca, Sudamérica y el Caribe, generan una alta actividad sísmica y volcánica, la cual se ha evidenciado en los últimos años por la ocurrencia de sismos de gran magnitud y tsunamis, así como por la actividad histórica y reciente de varios de sus volcanes.

A lo largo de la historia, el país ha sufrido diversos eventos de importancia como son: El terremoto de Cúcuta (1875), el terremoto y maremoto de Tumaco (1906), los terremotos del Antiguo Caldas (1979), de Popayán (1983), la catástrofe de Armero (noviembre de 1983) y del Atrato Medio (1992), el maremoto que afectó a Tumaco y El Charco (1979) y el sismo del Eje Cafetero (enero de 1999); las erupciones de varios de sus volcanes como el Galeras, el Nevado del Ruiz (1985) y el Doña Juana; los deslizamientos de Quebradablanca (1974), del Guavio (1983) y de Villatina en Medellín (1987), las avalanchas de los ríos San Carlos (1990), Turriquitadó, Tapartó y Dabeiba (1993), el Fraile en Florida-Valle (1994), el Huracán Joan (1988) y la Tormenta Bret (1993) que afectaron la Costa Atlántica y las inundaciones que recurrentemente afectan las zonas bajas del país.

El sur-occidente colombiano, y en particular el departamento de Risaralda, se localiza en la zona de influencia de la Cordillera de los Andes (Región Andina). Comprende entonces parte de las vertientes de las Cordilleras Occidental y Central (Valle del Río Cauca), y su relieve se caracteriza por estar disectado por drenajes en forma de V (valles profundos), pendientes fuertes y laderas largas empinadas. Su configuración superficial está determinada esencialmente por la evolución geológica a través del tiempo de las cordilleras separadas por el valle del Río Cauca y dentro de la cual se pueden diferenciar las siguientes unidades fisiográficas:

- Llanuras, vegas y terrazas de origen sedimentario en los ríos Cauca y Risaralda
- Las Cordilleras Central y Occidental con gran variedad de paisajes

En particular, el municipio de Pereira hace parte del denominado Glacis del Quindío, que comprende la vertiente occidental de la Cordillera Central y se caracteriza por su topografía abrupta en los nacimientos del Río Otún, pero se suaviza hacia el occidente cuando sobre rocas volcánicas básicas y sedimentarias se han depositado gruesas secuencias de rocas piroclásticas (depósitos de caída de cenizas volcánicas) que originan suelos profundos resistentes a la erosión. Las características climáticas y físico-químicas de los suelos, constituyen la causa fundamental para que estas tierras sean inmejorables para el cultivo del café. No obstante, el acelerado crecimiento urbanístico de la ciudad, la presión sobre suelos de vocación agrícola, los actuales conflictos de uso del suelo y el incremento de urbanizaciones no planificadas (invasiones), han deteriorado hasta tal punto el equilibrio ambiental del municipio, que la VULNERABILIDAD del mismo se ha incrementado de manera preocupante¹.

Geotectónicamente, el suroccidente colombiano está influenciado por el movimiento y choque de placas (deriva continental o tectónica de placas), que se convierten en una fuente sismo génica (sismos profundos) para la zona. Hacia el occidente del departamento (occidente del país) se localizan las placas COCOS (se desplaza hacia el Noreste, a razón de 8 cm por año) y NAZCA (se desplaza hacia el este, a razón de 6,4 cm por año) y hacia el Noroeste se localiza la placa CARIBE (se desplaza hacia el sur-este a razón de 1,7 cm por año). Adicional a los procesos de subducción generados por el choque de placas (placa oceánica con placa continental), en el continente, y afectando todo el suroccidente colombiano, se localizan estructuras geológicas activas como el caso de las fallas Cauca-Romeral, Palestina, Atrato, Cauca-Patía y Uramita, que son otra fuente sismo génica (sismos superficiales) para el municipio de Pereira.

Todo el marco tectónico anteriormente descrito, los actuales conflictos de uso del suelo y los procesos de urbanismo no planificados, generan para el municipio de Pereira unas características o escenario de riesgo muy particular que incrementan la VULNERABILIDAD de los pobladores y la infraestructura construida, exponiendo al municipio a una profunda crisis de desarrollo ante la inminencia de un desastre natural, de no implementarse una política de prevención y reducción del riesgo de desastres local.

¹ Secretaría de Planeación municipal Pereira en www.pereira.gov.co

1.1 ESCENARIO DEL DESASTRE (SIMPLIFICADO) DEL SISMO DEL 25 DE ENERO DE 1999

El sismo principal del 25 de enero de 1999, ocurrió a las 13:19 horas locales (18:19 GMT), a una profundidad aproximada de 10-15 kilómetros y con una magnitud de 6,2 en la escala Richter, tuvo como epicentro un lugar cercano al municipio de Córdoba (Quindío), localizado a 48 Km del municipio de Pereira y cuya fuente sismo génica fue la falla Silvia-Pijao (Sistema de fallas Cauca-Romeral). A las 17:40 horas (22:40 GMT), se registró una réplica de magnitud 5,8 en la escala de Richter, un poco desplazada hacia el sur (4.39° Norte).

En Pereira el sector con mayor afectación estuvo delimitado entre las calles 15 y 26 y las carreras 8 y 16. Dentro de esta área se presentó el mayor colapso de edificaciones entre la carrera 12 y las calles 21 y 22, asociado a la presencia de llenos antrópicos heterogéneos, constituidos en su totalidad por basuras de muy baja compactación. En el resto de la ciudad los daños estuvieron localizados en diversos sectores como los barrios Nacederos, Boston, Centenario, El Plumón, Villa santana, Cuba, Leningrado, Conquistadores, Perla del Sur, Laureles, Libertadores, Las Mercedes, Asporme, entre otros.

A continuación se resume la afectación del municipio de Pereira:

Cuadro 1. Resumen afectación por sectores municipio de Pereira sismo 25 de enero de 1999

SECTOR AFECTADO		CANTIDAD	
Población		37 muertos	
		81 desaparecidos	
		97.680 afectados (directos e indirectos)	
		105 familias auto-albergadas	
Vivienda		21.991	4.642 (rojo)
			6.872 (naranja)
			10.477 (verde)
Infraestructura rural	Agropecuaria	441 fincas	
	Viviendas	513	186 (rojo)
			145 (naranja)
			30 (amarillo)
			152 (verde)
Servicios públicos		Daños Colector Egoyá	
		Sede Aguas y Aguas Av. 30 de Agosto	
		Bocatoma	
		Deslizamiento talud Relleno La Glorita	
		9 centrales telefónicas	
		14 transformadores y 34 postes	
Salud		12 puestos de salud urbanos	
		11 puestos de salud rurales	

Cultura	Biblioteca Ramón Correa
	Teatro Santiago Londoño
	Galería
Educación	124 instituciones
	30.685 estudiantes
Equipamiento urbano	Casa Campesina
	Centro Administrativo de Cuba
	Aeropuerto Matecaña
	Palacio Municipal (mampostería)
Infraestructura vial y taludes	5 puentes
	9 tramos viales
	167 taludes desestabilizados
	Talud Bocatoma
Comercio, Industria, y servicios	80 empresas industriales
	912 empresas de servicios y comercio
Indicadores del sismo	Aumento del 115% solicitudes pasaporte
	Disminución 147% pasajeros A. Matecaña
	Disminuyó en un 33,5% los m2 construidos
	Se liquidaron 43 sociedades
	Aumento de la tasa de desempleo
	Disminución en 82% inversión Industria Manufacturera

(Continuación) Fuente: Secretaría de Planeación Municipal Pereira y CEPAL, 1999.

Entendida la amenaza como el peligro latente que representa la posible ocurrencia de un evento catastrófico de origen natural o tecnológico, en un periodo de tiempo y en un área determinada, es importante notar que para el caso del Municipio de Pereira existen dos principales tipos de áreas expuestas a amenazas naturales:

- Los terrenos que presentan inestabilidad geológica, los cuales están expuestos a deslizamientos o movimientos de masa, o sea una amenaza geotécnica.
- Las llanuras aluviales recientes de los principales ríos y quebradas, los cuales son susceptibles a inundaciones o crecientes con un periodo de retorno de 50 años, o sea una amenaza hidrológica.

1.2 AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS O MOVIMIENTOS DE MASA

En Pereira, las vertientes de los ríos Otún, Consota y las Quebradas La Dulcera, La Arenosa, El Tigre, San José y El Oso entre otras, presentan laderas con factores de riesgo intrínsecos como son: alta pendiente, nivel freático alto, longitud prolongada de las vertientes, intervención antrópica inadecuada y socavación de cauces, que pueden generar deslizamientos de dimensiones importantes afectando la infraestructura urbana.

Todas las laderas de longitud prolongada y de pendiente superior al 60% se consideran como potencialmente inestables y corresponderán a Zonas de Restricción Ambiental en las cuales los únicos usos permitidos serán las Obras de estabilización y el Bosque protector.

1.3 AMENAZA POR INUNDACIONES Y CRECIENTES

En el suelo urbano, las principales áreas expuestas a inundaciones y crecientes se localizan a lo largo de los siguientes ríos:

- Río Otún: Este fenómeno se presenta a todo lo largo de su recorrido presentando áreas altamente susceptibles al represamiento donde el cauce se estrecha.
- Río Consota: Presenta áreas inundables a lo largo de su cauce, encontrando algunas gargantas que pueden originar represamientos y producir avalanchas que se van a disipar sobre llanuras aluviales donde ya se encuentran asentamientos humanos. La misma situación se presenta en algunos de sus afluentes como las Quebradas Condina y El Oso.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La ciudad de Pereira capital del departamento de Risaralda posee un área de 702 km²; con una población de 412.137 habitantes. Concentra el 57% de la población total del departamento de Risaralda que es 88% urbano y 12% rural.

La ciudad Limita al norte con los municipios de La Virginia, Marsella y Dosquebradas, al este con Santa Rosa de Cabal y el departamento del Tolima, al sur con los departamentos de Quindío y Valle del Cauca, al oeste con el municipio de Balboa y el departamento del Valle del Cauca. La ciudad se ubica dentro de una zona de alta sismicidad y por sus condiciones topográficas, morfométricas, hidrológicas, geológicas y climáticas, presenta una alta susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos e inundaciones, en razón la complejidad geotécnica e hidráulica del territorio municipal.

El sismo del 25 de enero de 1999, detonó una cantidad apreciable de deslizamientos que de manera posterior fueron estabilizados y/o intervenidos por la Administración municipal, la Fundación Vida y Futuro, la CARDER, y la Empresa Aguas y Aguas de Pereira. Tal cantidad de obras implicó niveles de inversión superiores a los 6 mil millones de pesos y ello posibilitó la estabilización de terrenos con alguna condición de riesgo, y la permanencia segura de viviendas parcialmente afectadas por los fenómenos de remoción en masa. Para el caso particular de estabilización de taludes, en los cuales se emplearon diferentes métodos y técnicas civiles y /o bioingenieriles, muchas de ellas aún hoy vigentes, resulta significativo valorar el estado actual de las obras y la vida útil de las mismas, en razón a los niveles de inversión que dichas medidas demandaron. Dado que para muchas de estas obras no se conoce su estado actual y sus características de diseño, tipología de intervención, cual es su vida útil y su funcionalidad, resulta importante realizar un estudio responsable y riguroso que permita conocer todas estas obras y proponer medidas puntuales para la sostenibilidad de las mismas con ayuda de la población beneficiada y de las autoridades responsables.

Conocer el actual estado de las diferentes medidas de mitigación construidas a lo largo de la década 1999-2009 en el territorio urbano municipal, permitirá a las autoridades locales conocer diagnósticamente los impactos de dichas medidas, el cumplimiento de su vida útil y la funcionalidad de las mismas como mecanismo de corrección y/o prevención de desastres, además de la potencialidad de implementar un protocolo de ejecución de dichas medidas que garantice que la construcción de todas las medidas ingenieriles tendientes a reducir el riesgo de desastres cumplan con los mínimos geotécnicos establecidos en la NSR-10 y la visión territorial definida por las autoridades locales.

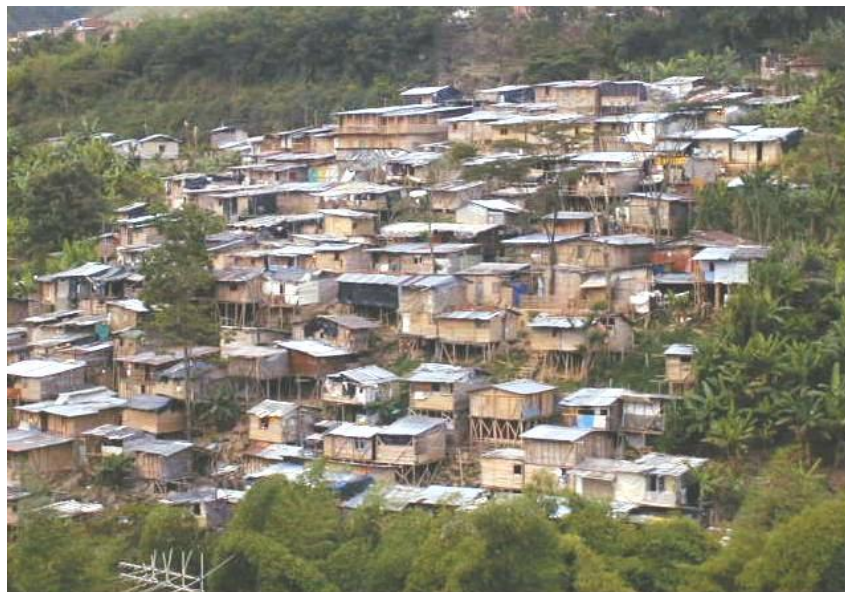
2.1 FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué instrumentos normativos, procedimentales y protocolarios se pueden implementar a partir del inventario, caracterización, evaluación y propuesta de control y mantenimiento de medidas de mitigación y estabilización de taludes adelantados en el municipio de PEREIRA, durante la década 1999-2009, como instrumentos o herramientas de la reducción del riesgo de desastres en el territorio municipal?

3. JUSTIFICACIÓN

El crecimiento acelerado y a veces desordenado de la mayoría de los centros urbanos y problemas como la tenencia de la tierra y la escasez de zonas aptas para urbanizar, han obligado a la población a ocupar áreas cada vez menos adecuadas.

Foto 1. Asentamiento en riesgo, Bosques de Combia



Fuente: investigador principal

Existe una estrecha relación entre la vulnerabilidad a los desastres y el desarrollo socio-económico. Por ejemplo el proceso de urbanización acelerada en el área urbana de Pereira contribuye a su vulnerabilidad, y también propicia la degradación ambiental y la pobreza, la cual a su vez determina el uso de técnicas de construcción inadecuadas. Otros factores, como el crecimiento demográfico y los bajos niveles de educación, se relacionan estrechamente con el problema de vulnerabilidad.

3.1 LA URBANIZACIÓN ACELERADA

En la mayoría de ciudades del país, el crecimiento de la población urbana ha aumentado. Este crecimiento se debe no sólo al aumento de las tasa de natalidad, sino también a la tendencia migratoria desde las áreas rurales hacia las zonas urbanas, especialmente de gente de escasos recursos que busca establecerse en las ciudades para obtener un mejor acceso a los servicios, a las fuentes de trabajo, o por desplazamientos forzoso. El resultado es la creación de asentamientos precarios en zonas marginales, como es el caso de las invasiones.

3.2 LA POBREZA

Los desastres naturales han demostrado invariablemente que quienes más sufren el impacto son aquéllos con bajos ingresos y viviendas de mala calidad. Los más pobres, con niveles educativos más bajos, por lo general viven en asentamientos improvisados en lugares vulnerables, como las “invasiones” localizadas en las laderas empinadas propensas a deslizamientos o a orillas de los ríos.

Foto 2. Viviendas en corona de ladera



Fuente: investigador principal

Foto 3. Socavación Río Consota



Fuente. Investigador principal

3.3 FACTORES AMBIENTALES

El ambiente que rodea a los asentamientos humanos contribuye a la ocurrencia de los desastres. En algunos casos, este entorno no puede modificarse y la población debe adaptarse para evitar las serias consecuencias inherentes a la localización. Por ejemplo, el tipo de suelo es un factor determinante para que los efectos de un terremoto sean más fuertes en un lugar que en otro, como es el caso de los llenos mal compactados y constituidos por materiales heterogéneos como tierra, escombros y otros materiales, en los cuales las ondas sísmicas se amplifican y por consiguiente causan mayores daños en la edificaciones allí construidas, como ocurrió en el sismo de enero 25 de 1999.

Para evitar que la dinámica acelerada y sin planificación se incremente, la alcaldía de Pereira, incluyó el concepto de desarrollo sustentable en los Planes de Ordenamiento Territorial, y se define como el producto de una planificación integral que incorpora consideraciones acerca del riesgo por desastre, tales

como reducción de amenazas y de vulnerabilidad, así como estrategias destinadas a la protección del medio ambiente, al crecimiento económico, y al mejoramiento de los niveles de educación y de las condiciones de vida de la población.

Conocedores de las significativas limitaciones en cuanto a conocimientos claros y precisos en materia de diagnósticos geotécnicos locales y convencidos de la falta de propuestas atinentes al establecimiento de parámetros generalizados para el abordaje de soluciones a la problemática de estabilización de taludes de la ciudad, la presente investigación sugiere mediante el INVENTARIO, CARACTERIZACIÓN, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE CONTROL Y MANTENIMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACION Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES ADELANTADOS EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA, DURANTE LA DÉCADA 1999-2009, la implementación de instrumentos normativos, procedimentales y técnicos, a la luz de la NSR-10 y del Plan Local de Gestión Integral del Riesgo del municipio de Pereira, que le permitan a la ciudad formular un plan estratégico de medidas de mitigación, además de un claro y preciso diagnóstico del actual estado de las medidas geotécnicas adelantadas en el territorio municipal.

Es pertinente además notar que durante los últimos diez (10) años se han realizado inversiones cuantiosas por parte de los organismos del estado en la ejecución de medidas de mitigación o de prevención. A estos trabajos no se les hace un seguimiento específico dado que la administración municipal no cuenta con las herramientas y/o instrumentos que posibiliten tales acciones y finalmente, la ejecución de medidas ingenieriles sólo importa durante la etapa de construcción, renunciando al tema de seguimiento y control de medidas en el tiempo. Mediante la presente investigación se pretende adelantar un diagnóstico detallado de las medidas ingenieriles específicas a la estabilidad de taludes ejecutas durante la década 1999-2009, considerando las obras adelantadas y poder realizar una especie de geotecnia forense en la cual se pueda determinar:

- Si los diseños técnicos fueron ejecutados satisfactoriamente (cumplen con los requerimientos técnicos)
- Si las medidas de mitigación ejecutadas garantizan la seguridad de los habitantes localizados en sectores circunvecinos, tanto de manera directa como indirecta.
- Si las obras ejecutas son funcionales y cumplen con el propósito para el cual fueron diseñadas y construidas
- Si las obras ejecutadas cumplen con la vida útil para la cual fueron diseñadas.
- Si hubo priorización en la ejecución de las obras y cuál fue el modelo de decisión.

Conocedores de las significativas limitaciones en cuanto a conocimientos claros y precisos en materia de diagnósticos geotécnicos locales y convencidos de la falta de propuestas atinentes al establecimiento de parámetros generalizados para el abordaje de soluciones a la problemática de estabilización de taludes de la ciudad; se propone en el marco de la presente investigación diagnóstica realizar un inventario detallado de las medidas de estabilización de taludes ejecutadas durante la década 1999-2009, durante el proceso reconstructivo post sismo del 25 de enero de 1999, y de esta manera poder realizar una aproximación al estado de dichas medidas, su funcionalidad, su vida útil y qué elementos y/o procedimientos pueden contribuir a incrementar su vida útil y a mejorar la razón de ser de su construcción.

En el contexto de esta investigación es interesante, antes de aplicar soluciones estabilizadoras a una ladera o talud, identificar correctamente los mecanismos de rotura ya que de lo contrario dichas actuaciones pueden llegar a ser poco efectivas o contraproducentes. Con fundamento en lo anterior, esta investigación es necesaria para todas aquellas entidades de prevención de riesgos y/o organismos de control que velan por el gasto público en la ciudad de Pereira y especialmente para la población que vive en los alrededores de estas obras, ya que son las más vulnerables al estar expuestas a infortunios causados por diferentes factores y así mismo, de manera complementaria, puede convertirse en un facilitador o vía del sentido de pertenencia que las comunidades deben tener por las obras ejecutadas en sus entornos y que están beneficiando a grupos poblacionales con alguna condición de riesgo diagnosticada.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Adelantar el inventario, caracterización, evaluación, estado y vida útil de las medidas de mitigación y/o estabilización de taludes ejecutados en el municipio de Pereira, durante la década 1999-2009.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Adelantar el inventario de obras y medidas de mitigación y/o estabilización de taludes ejecutadas en el perímetro urbano del municipio de Pereira, durante la última década.
- Determinar la funcionalidad, estado y vida útil de las medidas de mitigación y/o estabilización de taludes ejecutadas en el perímetro urbano del municipio de Pereira, según estándares ingenieriles y reglamentación vigente
- Georeferenciar las medidas de mitigación diagnosticadas, con sus correspondientes bases de datos asociadas y registro fotográfico.
- Formular de manera proximal y concertada con las autoridades locales, un protocolo de estándares mínimos para la presentación de estudios y resultados de estabilidad de taludes y un manual de mantenimiento de obras.

5. MARCOS DE REFERENCIA

5.1 MARCO TEÓRICO

Acorde con SUÁREZ DÍAZ, Jaime (2001), el deterioro, con el tiempo puede dar lugar a la necesidad de mantenimiento o construcción de obras de estabilización. Al deterioro sin embargo, se le da muy poca atención en el momento del diseño y el énfasis se dirige a evitar las fallas profundas, más que a evitar los fenómenos anteriores a la falla. La estabilización de deslizamientos activos o potencialmente inestables es un trabajo relativamente complejo, el cual requiere de metodologías de diseño y construcción.

Una vez estudiado el talud, definidos los niveles de amenaza y riesgo, el mecanismo de falla y analizados los factores de equilibrio, se puede pasar al objetivo final que es el diseño del sistema de prevención o estabilización. Existen varias formas de enfocar y resolver cada problema específico y la metodología que se requiere emplear depende de una serie de factores técnicos, sociales, económicos.

5.2 LA PREVENCIÓN

La prevención incluye el manejo de la vulnerabilidad, evitando la posibilidad de que se presenten riesgos o amenazas. La prevención debe ser un programa del estado, en todos sus niveles mediante una legislación y un sistema de manejo de amenazas que permita disminuir los riesgos a deslizamiento en un área determinada.²

² SUÁREZ DÍAZ, Jaime. Control de la erosión en zonas tropicales. Bucaramanga: Ingeniería de Suelos Ltda. 2001. p. 350-369

Cuadro 2. Métodos de prevención de la amenaza o el riesgo

Métodos	Ventajas	Desventajas
Disuasión con medidas coercitivas.	Son muy efectivas cuando la comunidad está consciente del riesgo y colabora con el estado.	El manejo de los factores socioeconómicos y sociales es difícil.
Planeación del uso de la tierra.	Es una solución ideal para zonas urbanas y es fácil de implementar.	No se puede aplicar cuando ya existe el riesgo.
Códigos técnicos.	Presenta herramientas precisas para el control y prevención de amenazas.	Se requiere una entidad que los haga cumplir.
Avisos y alarmas.	Disminuye en forma considerable el riesgo cuando es inminente.	Generalmente se aplica después de ocurrido el desastre.

Fuente: Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Prevención, estabilización y diseño.

Los métodos de mitigación o prevención de una amenaza pueden reducir en forma importante la ocurrencia de deslizamientos. La mejor estrategia para la reducción de amenaza de deslizamiento, generalmente, envuelve una mezcla de varias técnicas o sistemas en donde se requiere la cooperación de geólogos, ingenieros propietarios de tierra entre otros.

5.3 ELUSIÓN DE LA AMENAZA

Eludir la amenaza consiste en evitar que los elementos en riesgo sean expuestos a la amenaza de deslizamiento.

Cuadro 3. Métodos de elusión de amenazas de deslizamientos

Métodos	Aplicaciones	Limitaciones
Variantes o relocalización del proyecto.	Se recomienda cuando existe el riesgo de activar grandes deslizamientos difíciles de estabilizar o existen deslizamientos antiguos de gran magnitud.	Puede resultar costoso y el nuevo sitio o alineamiento puede estar amenazado por deslizamientos.

Remoción total de deslizamientos.	Es atractivo cuando se trata de volúmenes pequeños de excavación.	La remoción de los deslizamientos puede producir nuevos movimientos.
Remoción parcial de materiales inestables.	Se acostumbra el remover los suelos subsuperficiales inestables cuando sus espesores no son muy grandes.	Cuando el nivel freático se encuentra subsuperficial se dificulta el proceso de excavación.
Modificación del nivel del proyecto o sub-rasante de una vía	La disminución de la altura de los cortes en un alineamiento de gran longitud puede resolver la viabilidad técnica de un proyecto.	Generalmente, al disminuir la altura de los cortes se desmejoran las características del proyecto.

Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Prevención, estabilización y diseño.

Previamente a la aplicación de un método de elusión debe estudiarse la posibilidad de aplicación de sistemas de estabilización en los aspectos técnicos y económicos. Debe tenerse en cuenta que en ocasiones estos deslizamientos son movimientos antiguos, los cuales han sido disfrazados por procesos nuevos de meteorización, erosión o por vegetación o actividades humanas. La no detección de estos grandes deslizamientos en la fase de planeación puede acarrear costos muy altos en el momento de la construcción.

5.4 CONTROL

Métodos tendientes a controlar la amenaza activa antes de que se produzca el riesgo a personas o propiedades. Generalmente, consiste en estructuras que retienen la masa en movimiento. Este tipo de obras se construye debajo de deslizamientos para detenerlo después de que ha iniciado.³

Cuadro 4. Estructuras de control de masas en movimiento

Método	Ventajas	Desventajas
Bermas	Generalmente son económicas rápidas de construir.	Se requiere un espacio grande a mitad de talud.

³ SUÁREZ DÍAZ, Jaime. Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Prevención, estabilización y diseño. Ingeniería de Suelos Ltda. 1998. p.387.

Trinchera	Sirven al mismo tiempo para controlar las aguas lluvias.	Los cantos fácilmente pasan por encima.
Estructuras de retención.	Retienen las masas en movimiento.	Se pueden requerir estructuras algo costosas.
Cubiertas de protección.	Son uno de los métodos más efectivos para disminuir el riesgo en carreteras.	Son muy costosos.

Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Prevención, estabilización y diseño.

5.5 ESTABILIZACIÓN

La estabilización de un talud comprende los siguientes factores:

- Determinar el sistema o combinación de sistemas de estabilización más apropiados, teniendo en cuenta todas las circunstancias del talud estudiado.
- Diseñar en detalle el sistema a emplear, incluyendo planos y especificaciones de diseño.
- Instrumentación y control durante y después de la estabilización.

Generalmente en la estabilización de deslizamientos se emplean sistemas combinados que incluyen dos o más tipos de control, en todos los casos deben hacerse un análisis de estabilidad del talud ya estabilizado y se debe llevar un seguimiento del proceso durante la construcción y algunos años después.⁴

Los sistemas de estabilización se pueden clasificar en cinco categorías principales:

- **Conformación del talud o ladera.** Sistemas que tienden a lograr un equilibrio de masas, reduciendo las fuerzas que producen el movimiento.

Cuadro 5. Métodos de conformación topográfica para equilibrar fuerzas

Método	Ventajas	Desventajas
Remoción de materiales de la cabeza del talud,	Muy efectivo en la estabilización de deslizamientos rotacionales.	En movimientos muy grandes las masas a remover tendrían una gran magnitud.
Abatimiento de la pendiente.	Efectivo especialmente en suelos friccionantes.	No es viable económicamente en talud de gran altura.

⁴ SUÁREZ DÍAZ, Jaime. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Cap. 12 pag 387.

Terraceo de la superficie.	Además de la estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión.	Cada terraza debe ser estable independientemente.
----------------------------	---	---

Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Prevención, estabilización y diseño.

- **Recubrimiento de la superficie.** Métodos que tratan de impedir la infiltración o la ocurrencia de fenómenos superficiales de erosión, o refuerzan el suelo más subsuperficial. El recubrimiento puede consistir en elementos impermeabilizantes como el concreto o elementos que refuercen la estructura superficial del suelo como la cobertura vegetal.

Cuadro 6. Métodos de recubrimiento de la superficie del talud

Métodos	Ventajas	Desventajas
Recubrimiento de la superficie del talud.	El recubrimiento ayuda a controlar la erosión.	Se debe garantizar la estabilidad del recubrimiento.
Conformación de la superficie.	Puede mejorar las condiciones del drenaje superficial y facilitar el control de la erosión	Su efecto directo sobre la estabilidad es generalmente, limitado.
Sellado de grietas superficiales.	Disminuye la infiltración de agua.	Las grietas pueden abrirse nuevamente y se requiere mantenimiento por periodos importantes de tiempo.
Sellado de juntas y discontinuidades.	Disminuye la infiltración de agua y presiones de poro en las discontinuidades.	Puede existir una gran cantidad de discontinuidades que se requiere sellar.
Cobertura vegetal, arboles arbustos y pastos.	Representan una alternativa ambientalmente excelente.	Pueden requerir mantenimiento para su establecimiento.

Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Prevención, estabilización y diseño.

- **Control de agua superficial y subterránea.** Sistemas tendientes a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo fuerzas que producen movimientos y/o aumentando las fuerzas resistentes.⁵

⁵ Ibíd., p. 389.

Cuadro 7. Métodos de control de agua y presión de poros

Métodos	Ventajas	Desventajas
Canales superficiales para control de escorrentías.	Se recomienda construirlos con obra complementarias en la mayoría de los casos. Generalmente las zanjas se construyen arriba de la corona del talud.	Se debe construir estructuras para la entrega de las aguas y disipación de energía.
Subdrenes de zanja	Muy efectivos para estabilizar deslizamientos poco profundos en suelos saturados subsuperficialmente.	Poco efectivo para estabilizar deslizamientos profundos o deslizamientos con nivel freático profundo.
Subdrenes horizontales de penetración.	Muy efectivos para interceptar y controlar aguas subterráneas relativamente profundas.	Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.
Galerías o túneles de subdrenajes.	Efectivos para estabilizar deslizamientos profundos en formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas.	Muy costosos.
Pozos profundos de subdrenaje.	Útiles en deslizamientos profundos en formaciones con aguas subterráneas.	Su uso es limitado debido a la necesidad de operación y mantenimiento permanente.

Fuente Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Prevención, estabilización y diseño.

- **Estructuras de contención.** Métodos en los cuales se van a colocar fuerzas externas al movimiento aumentando las fuerzas resistentes, sin disminuir las actuantes. Las estructuras de contención son obras generalmente masivas, en las cuales el peso de la estructura es un factor importante y es común colocar estructuras ancladas en las cuales la fuerza se transmite al deslizamiento por medio de un cable o varilla de acero.

Cuadro 8. Métodos de estructuras de contención

Método	Ventajas	Desventajas
Relleno o berma de roca o suelo en la base del deslizamiento	Efectivo en deslizamiento no muy grandes especialmente en los rotacionales actuando como contrapeso.	Se requiere una cimentación competente para colocar el relleno.
Muros de contención convencionales, de tierra armada.	Útiles para estabilizar masas relativamente pequeñas.	Se requiere una buena calidad de cimentación. Son poco efectivos en taludes de gran altura.
Pilotes	Son efectivos en movimientos poco profundos, en los cuales existe suelo debajo de la superficie de falla que sea competente para permitir el hincado y soporte de los pilotes.	No son efectivos en deslizamientos profundos o cuando aparece roca o suelo muy duro debajo de la superficie de falla.
Anclajes o pernos	Efectivos en roca, especialmente cuando es estratificada.	Se requiere equipos especiales y son usualmente costosos.
Pantallas ancladas	Útiles como estructuras de contención de masas de tamaño pequeño a mediano.	Existen algunas incertidumbres sobre su efectividad en algunos casos, especialmente cuando hay aguas subterráneas.

Fuente Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Prevención, estabilización y diseño.

Mejoramiento del suelo. Métodos que aumentan la resistencia del suelo. Incluyen procesos físicos y químicos que aumentan la cohesión y/o la fricción de la mezcla suelo-producto estabilizante o del suelo modificado.

Cuadro 9. Métodos para mejorar la resistencia del suelo

Método	Ventajas	Desventajas
Inyección o uso de químicos	Endurecen el suelo y pueden cementar la superficie de falla.	La disminución de permeabilidad puede ser un efecto negativo.

Explosivos	Fragmenta la superficie de falla.	Su efecto es limitado y puede tener efectos negativos.
------------	-----------------------------------	--

Fuente Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Prevención, estabilización y diseño.

5.6 CONTROL DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

Ahora bien Jaime Suarez Díaz (1998), afirma que los métodos de estabilización de deslizamientos que contemplen el control del agua, tanto superficial como subterránea son muy efectivos y son generalmente, mas económicos que la construcción de grandes obras de contención, en cuanto tienden a desactivar la presión de poros, considerada como el principal elemento desestabilizante de los taludes.

El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia del talud al disminuir la presión de poros. La efectividad de los sistemas varía de acuerdo a las condiciones hidrogeológicas y climáticas.

En cualquier sistema de subdrenaje el monitoreo posterior a su construcción es muy importante, el volumen de agua recolectada no es necesariamente un indicativo de su efecto, debido a que en suelos poco permeables, se pueda obtener una reducción muy importante en las presiones de poros y por lo tanto un aumento en el factor de seguridad.

Drenaje superficial. El objetivo principal del drenaje superficial del drenaje superficial es mejorar la estabilidad del talud reduciendo la infiltración y evitando la erosión.

El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía tanto del talud como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos del deslizamiento. El agua de escorrentía debe en lo posible, desviarse antes de que penetre el área de deslizamiento.

Por otro lado el agua que cae por lluvias directamente sobre la superficie del talud, debe ser evacuada lo más rápidamente posible, evitando al mismo tiempo que su paso cause daños considerables al talud, por erosión, almacenamientos e infiltraciones; perjuicios que pueden ser evitados, tratando el talud con una serie de medidas que favorezcan el drenaje.

Drenaje subterráneo. El drenaje subterráneo tiene por objeto disminuir las presiones de poro o impedir que estas aumenten. La cantidad de agua recolectada por un sistema de subdrenaje depende de la permeabilidad de los suelos o rocas y de los gradientes hidráulicos.

5.7 DURABILIDAD Y MANTENIMIENTO

Una durabilidad inadecuada puede resultar en un costo muy alto de mantenimiento o puede causar que la estructura de contención alcance muy rápidamente su estado límite de servicio o su estado límite último.

La durabilidad del muro y la vía de diseño junto con los requisitos de mantenimiento deben ser consideradas en el diseño, seleccionando adecuadamente las especificaciones de los materiales de construcción, teniendo en cuenta el clima local, y el ambiente del sitio donde se plantea colocar la estructura.

5.8 ESTÉTICA

Según Jaime Suárez Díaz (1998), las estructuras de contención pueden ser un detalle dominante de un paisaje urbano o rural y debe realizarse un diseño adecuado para mejorar lo más posible su apariencia, sin que esto lleve a incrementos significantes en su costo.

Además de satisfacer los requerimientos de funcionalidad, la estructura de contención debe mezclarse adecuadamente con el ambiente a su alrededor para complacer las necesidades estéticas del paisaje.

Los aspectos que son importantes con referencia a su impacto estético son:

- Altura e inclinación de su cara exterior.
- Curvatura en planta.
- Gradiente y conformación de la superficie del terreno aledaño, la cobertura vegetal debe ser compañero constante de la estructura de contención.
- Textura de la superficie de la cara frontal, y la expresión y posición de las juntas verticales y horizontales de construcción.
- La corona de la estructura. Todo muro debería llevar un detalle arquitectónico en su corona que sea agradable a la vista.

5.9 CRITERIOS DE COMPORTAMIENTO

Una estructura de contención y cada parte de esta, requiere cumplir ciertas condiciones fundamentales de estabilidad, rigidez o flexibilidad, durabilidad.

Durante la construcción y a lo largo de su vida útil y en muchos casos se requiere plantear alternativas para poder cumplir con las necesidades de un proyecto específico. Cuando una estructura de contención no satisface cualquiera de sus criterios de comportamiento se puede considerar que ha alcanzado el “estado límite”.

Clases principales de estado límite:

Estado límite último. Es el estado en el cual se puede formar un mecanismo de falla, bien sea en el suelo o en la estructura (inclinación o fractura). Para simplicidad en el diseño debe estudiarse el estado inmediatamente anterior a la falla y no el colapso total del muro.

Estado límite de servicio. Es el estado en el cual no se cumple un criterio específico de servicio. Los estados límite de servicio deben incluir los movimientos o esfuerzos que hagan ver una estructura deformada o “fea”, que sea difícil de mantener o que se disminuya su vida útil esperada.

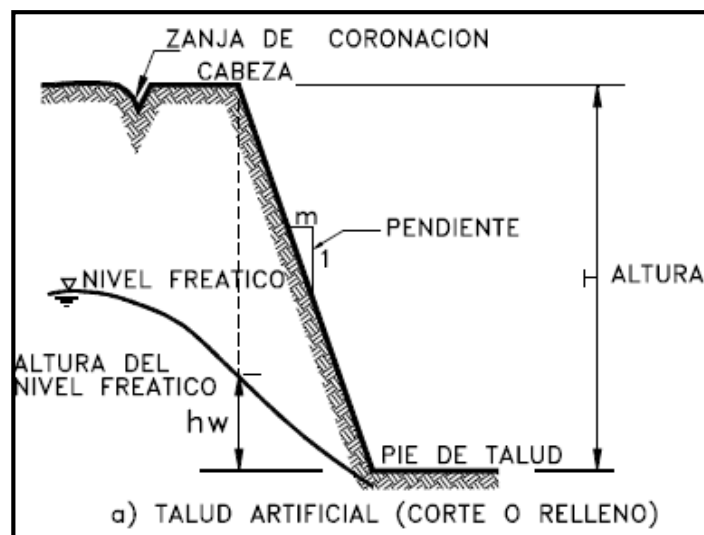
6. MARCO CONCEPTUAL

6.1 TALUD O LADERA NATURAL

Acorde con Jaime Suárez Díaz (1998), un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente

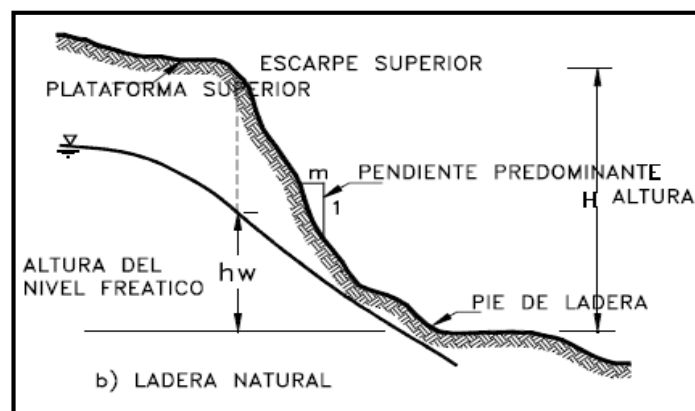
6.2 ELEMENTOS DE UN TALUD O LADERA

Figura 1. Elementos de un talud



Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales.
Caracterización de los movimientos.

Figura 2. Elementos de una ladera natural



Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales.
Caracterización de los movimientos.

- **Altura.** Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados.
- **Pie.** Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.
- **Cabeza o escarpe.** Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.
- **Altura de nivel freático.** Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.
- **Pendiente.** Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo: Pendiente: 45°, 100%, o 1H: 1V.

6.3 CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE MASA

Suárez, Díaz Jaime (2009) afirma que el movimiento de masa se entiende como el desplazamiento del terreno que constituye una ladera o un talud, hacia el exterior del mismo y en sentido descendente. Las laderas o taludes pueden ser naturales o bien conformados de manera artificial al efectuar excavaciones en el terreno o incluso en terraplenes.

Los movimientos pueden ser agrupados, en cinco mecanismos principales: desprendimiento y colapso, vuelco, deslizamiento, expansiones laterales y flujos.

Movimiento con predominio de la trayectoria vertical.

- **Desprendimiento.** Se originan por el despegue de una masa de suelo o roca de una pared empinada o acantilado y posterior descenso mediante caída libre, a través del aire, y rebote o rodadura final.

La rotura tiene lugar por mecanismos de deslizamiento o vuelco de pequeña envergadura que proporcionan a la masa despegada una velocidad inicial en el movimiento de caída libre.

- **Colapsos.** También son conocidos por desplomes, y consisten en la caída de masas de material, con una trayectoria básicamente vertical, debidos a la socavación efectuada por un río o el oleaje en un acantilado o la meteorización y disgregación de las rocas del pie del mismo.

Movimientos de giro de bloques conformados por fracturación vertical.

- **Volcamientos.** Es la rotación hacia adelante y hacia el exterior de una ladera, de una masa de suelo o roca alrededor de un eje situado por debajo de su centro de gravedad. Las fuerzas desestabilizadoras son la gravedad y las fuerzas ejercidas por el terreno adyacente o por fluidos en las grietas.

Dentro del mecanismo de volcamiento se distinguen dos procesos.

- **Vuelco por flexión.** Tiene lugar cuando las discontinuidades del macizo forman columnas semicontinuas en voladizo que, cuando se doblan hacia adelante, rompen por flexión.
- **Desplome.** Se produce en bordes de acantilados rocosos o de materiales areno-arcillosos, donde la masa movida cae inicialmente con un movimiento de giro apoyado en la base inferior y posteriormente un movimiento vertical de colapso, al deshacerse el apoyo en dicha zona.

Movimiento de deslizamiento de grandes bloques.

- **Deslizamientos.** Son movimientos ladera abajo de masas de suelo o roca sobre una o unas superficies de rotura, o zonas relativamente delgadas con intensa deformación de cizalla, en los que se preserva a grandes rasgos la forma de la masa desplazada. Los deslizamientos pueden obedecer a procesos naturales o a desestabilización de masas de tierra por el efecto de cortes, rellenos, deforestación.

Dentro de este mecanismo se distinguen los deslizamientos rotacionales y los traslacionales.

- **Deslizamientos rotacionales.** El terreno en movimiento experimenta un giro a lo largo de una superficie de rotura curvilínea y cóncava, y según un eje situado por encima del centro de gravedad de la masa deslizada. Este tipo de deslizamientos suele producirse en suelos cohesivos homogéneos y en macizos intensamente diaclasados. En materiales arcillosos y, sobre todo, si hay presencia de agua, la parte baja puede evolucionar hacia un deslizamiento de tierra. (Deslizamientos tomo 1 análisis geotécnico Jaime Suárez Díaz pág. 14)

Movimiento traslacional. Las masas se desplazan a lo largo de una superficie de rotura plana u ondulada, pudiendo deslizarse posteriormente sobre la superficie del terreno original y proseguir si la inclinación es suficientemente fuerte. Cuando los bloques de suelo o roca se deslizan sobre una superficie única se suele hablar de deslizamientos planos y cuando la superficie de rotura está formada por dos planos que obligan a la masa de roca a desplazarse según la línea de interacción se habla de deslizamientos en cuna. (Deslizamientos tomo 1 análisis geotécnico pág. 17)

Movimiento con extrusión plástica lateral.

- **Expansiones laterales.** Este mecanismo consiste en la fracturación y expansión del material compacto (tanto suelo como roca) debido a la licuefacción del material subyacente, también se producen cuando se encuentran litologías blandas y deformables por debajo de materiales resistentes y densos, extruyendo lateralmente estos últimos a los primeros por el peso que ejercen. (Deslizamientos tomo 1 análisis geotécnico pág. Cap. 17)

Movimientos de masas desorganizadas o revueltas

- **Flujos.** Son movimientos especialmente continuos en los que las superficies de cizalla tienen vida corta, se encuentran muy próximas y generalmente no se conservan. Dependiendo del contenido en agua,

movilidad y grado de cohesión del material, existe una gradación desde los deslizamientos a los flujos.

Así sucede con los deslizamientos de derrubios que llegan a convertirse en corrientes de derrubios conforme el material incorpora agua, pierde cohesión y se mueve por laderas empinadas.

- **Reptación.** Es un movimiento extremadamente lento que es imperceptible, excepto para largos periodos de tiempo. No se identifican superficies de cizalla definidas.
- **Coladas de tierra.** Es la deformación plástica, lenta y no necesariamente muy húmeda, de tierra o rocas blandas en laderas de inclinación moderada. Suelen dar lugar a un depósito elongado, lobulado en pie, formando un volumen positivo sobre la superficie original del terreno.
- **Solifluxión.** Es una deformación de pequeñas dimensiones en suelos cohesivos y de poco espesor, que dan lugar a formas lobuladas. Suelen contener superficies de cizalla de poca extensión.
- **Corriente de derrubios.** Son movimientos rápidos de material detrítico en el que predomina la fracción gruesa, es decir, arenas, gravas y bloques.
- **Golpes de arena y limo.** Consiste en movilización brusca de esos materiales, a veces en estado seco, debida a un colapso estructural por efecto de una sacudida sísmica o al iniciarse la rotura del suelo por deslizamiento.
- **Avalanchas.** Es una movilización de grandes masas de tierra, fragmentos de roca o derrubios, que se desplazan a gran velocidad y que pueden llegar a licuefacer, al menos parcialmente, por el contenido de agua o por efecto de la pendiente, fluyendo y precipitándose a través de vaguadas, llegando más allá del pie de la ladera.

Otros movimientos

En este grupo se incluyen las deformaciones sin roturas y los movimientos complejos.

- **Deformaciones sin rotura o previas a la rotura.** A veces, las deformaciones de la ladera no degeneran en despegues de la masa movida ni en superficies de rotura continuas en todo el conjunto. Suelen ser de pequeña extensión, aunque en los grandes movimientos lleguen

a ser de varios metros. Estas deformaciones pueden acelerarse hasta la rotura, reactivarse periódicamente o paralizarse.

- **Reptación por fluencia.** Estos desplazamientos, inicialmente muy lentos, se aceleran progresivamente hasta que se produce la rotura.
- **Cabeceo.** En formaciones rocosas intensamente fracturadas y con buzamiento hacia el interior del macizo, los metros más superficiales pueden estar descomprimidos y alterados tendiendo a girar hacia abajo, definiendo ese cambio de pendiente una superficie de deslizamiento potencial.
- **Deformaciones gravitacionales profundas.** Estas deformaciones profundas consisten en la formación en el terreno de escarpes auténticos con una alineación sensiblemente paralela a las curvas de nivel de la ladera y hundimiento de la zona de cresta.
- **Roturas confinadas.** Son mecanismo de rotura progresiva que dan lugar a la deformación y agrietamiento de la ladera, normalmente en la zona de cabecera, sin que la superficie de cizalla se desarrolle completamente y produzca la rotura general del terreno afectado.

Movimientos complejos

- **Flujos deslizantes.** Son colapsos bruscos y masivos, muy rápidos a extremadamente rápidos, de masas de material granular a derrubios, a partir de un efecto perturbador.

6.4 TIPOS DE ESTRUCTURAS

El propósito de una estructura de contención es el resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida, y transmitir esas fuerzas en forma segura a la fundación o a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento.

Existen varios tipos generales de estructuras, y cada una de ellas tiene un sistema diferente de transmitir las cargas.

6.5 MUROS MASIVOS RÍGIDOS

Son estructuras rígidas, generalmente de concreto, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención.

Cuadro 10. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muro rígido.

Muro	Ventajas	Desventajas
Reforzado	Los muros de concreto armado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a 10 metros), previo su diseño estructural y estabilidad.	Requieren de buen piso de cimentación. Son antieconómicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales.
Concreto simple	Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos.	Se requiere una muy buena fundación y no permite deformaciones importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado, antes que pueda trabajar efectivamente. Generalmente son antieconómicos para alturas de más de tres metros.
Concreto ciclópeo	Similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto.	El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no pueden soportar esfuerzos de flexión grande.

Fuente Libro Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Estructuras de Contención o anclaje.

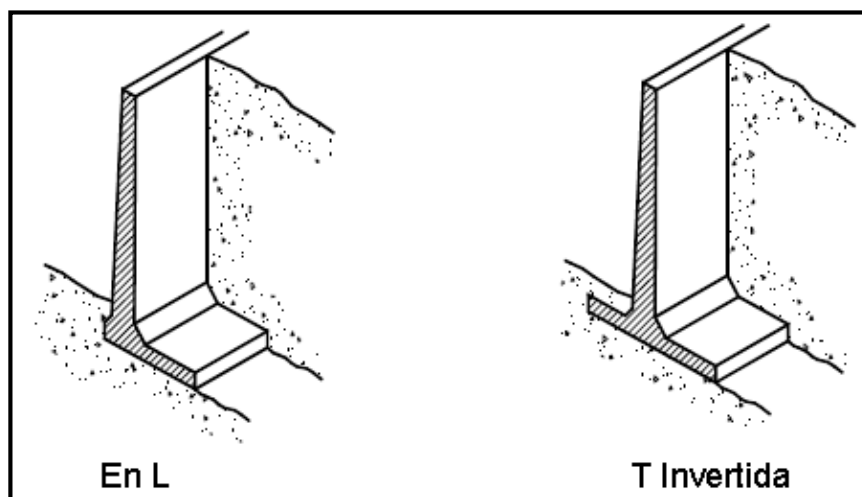
La utilización de muros rígidos es una de las formas más sencillas de manejar cortes y terraplenes. Los muros rígidos actúan como una masa relativamente concentrada que sirve de elemento contenedor de la masa inestable.

El empleo de muros de contención rígidos para estabilizar deslizamientos es una práctica común en todo el mundo, pero su éxito ha sido limitado por la dificultad que hay en el análisis de cada caso en particular y por las diferencias que existen entre las fuerzas reales que actúan sobre el muro en un caso de deslizamiento y los procedimientos de análisis basados en criterios de presiones activas, utilizando las teorías de presión de tierras de Rankine o Coulomb.⁶

- **Muros de Concreto Reforzado.** Los muros de concreto reforzado son relativamente esbeltos y comúnmente en forma de L, con relleno en tierra por encima de la cimentación. Una estructura de concreto reforzado resiste las fuerzas de un movimiento, debido principalmente a la presión de la tierra sobre el muro. El muro, a su vez, debe apoyarse en una cimentación por fuera de la masa inestable.
- **Tipos de muro de concreto reforzado.** Existen los siguientes tipos de muro de concreto reforzado, como lo expone, Suárez, Díaz Jaime (2009) a continuación:

Muros empotrados o en voladizo, en forma de L o T invertida, los cuales tienen una placa semivertical o inclinada monolítica con otra placa en la base.

Figura 3. Tipos de muro en concreto reforzado

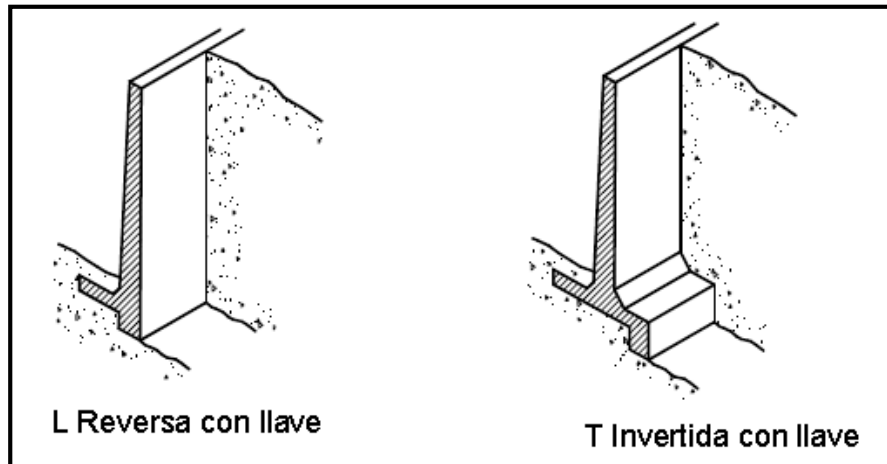


Fuente. Libro deslizamientos-técnicas de remediación. Estructuras de contención de gravedad.

Muros con contrafuertes, en los cuales, la placa vertical o inclinada está soportada por contrafuertes monolíticos que le dan rigidez y ayudan a transmitir la carga a la placa de cimentación.

⁶ SUÁREZ, Díaz Jaime. Libro deslizamientos t.2 Cap. 3estructuras de contención de gravedad p. 111

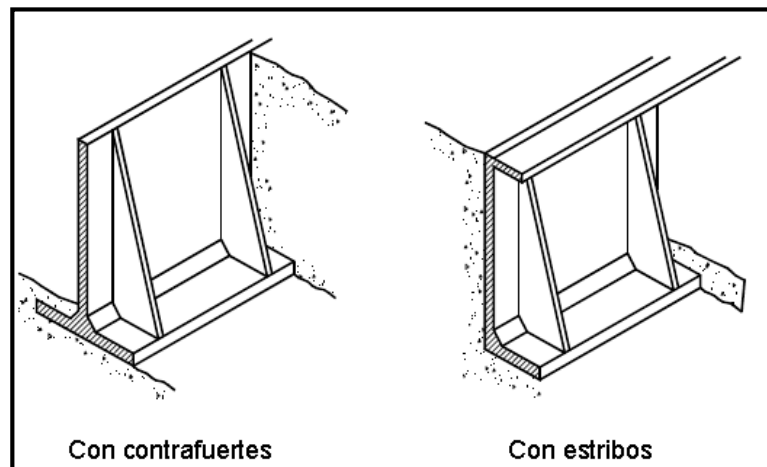
Figura 4. Tipos de muro en concreto reforzado



Fuente Libro deslizamientos-técnicas de remediación. Estructuras de contención de gravedad

Muros con estribos, en los cuales, adicionalmente a la placa vertical, la placa de cimentación y los contrafuertes, se construye una placa superior su horizontal que aumenta la rigidez y capacidad para soportar momentos.

Figura 5. Tipos de muro en concreto reforzado



Fuente Libro deslizamientos-técnicas de remediación. Estructuras de contención de gravedad.

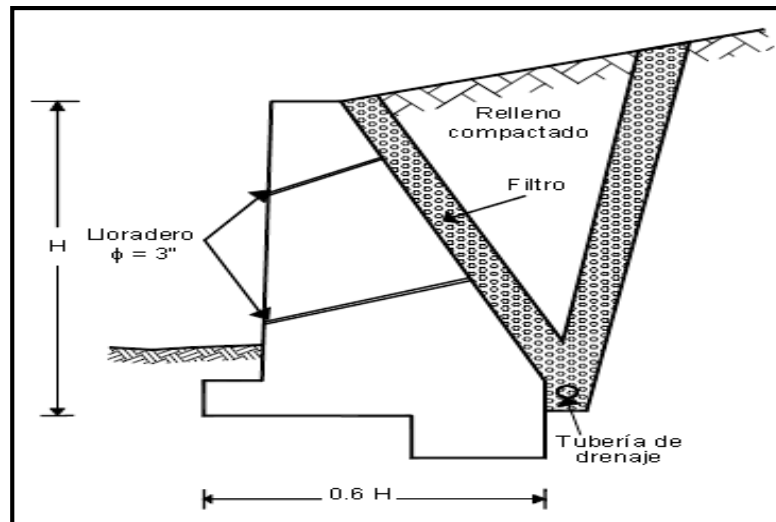
El tipo de muro a emplear depende especialmente de las características morfológicas del terreno, altura, tipo de talud (corte o relleno) y calidad del suelo de cimentación.

- **Muros de Concreto Simple.** Los muros de concreto sin refuerzo son masas relativamente grandes de concreto, las cuales trabajan como estructuras rígidas.

Los muros de concreto simple o ciclópeo actúan como estructuras de peso o gravedad y se recomienda no emplear alturas superiores a cuatro metros, debido no sólo al aumento de costos, sino a la presencia de esfuerzos de flexión que no pueden ser resistidos por el concreto y se pueden presentar roturas a flexión en la parte inferior del muro o dentro del cimiento.

(Libro deslizamientos-técnicas de remediación cap. 3 pág. 114)

Figura 6. Muro en concreto simple



Fuente Libro deslizamientos-técnicas de remediación. Estructuras de contención de gravedad.

- **Diseño de muros de concreto simple ⁷**

El diseño de un muro en concreto debe tener en cuenta la estabilidad intrínseca del muro, el factor de seguridad del deslizamiento y la capacidad de soporte en forma similar a los muros de concreto reforzado. Sin embargo, en el caso de muros masivos de gravedad, no se realiza un análisis de momentos internos.

Los muros de concreto, en todos los casos, deben tener un sistema de subdrenaje para eliminar la posibilidad de presiones de agua.

Se deben construir juntas de contracción o expansión, en ningún caso deben tener distancias superiores a 10 metros. Si los materiales utilizados poseen coeficientes altos de dilatación por cambio de temperatura, las juntas deben colocarse a menos de 8 metros de distancia entre ellas.

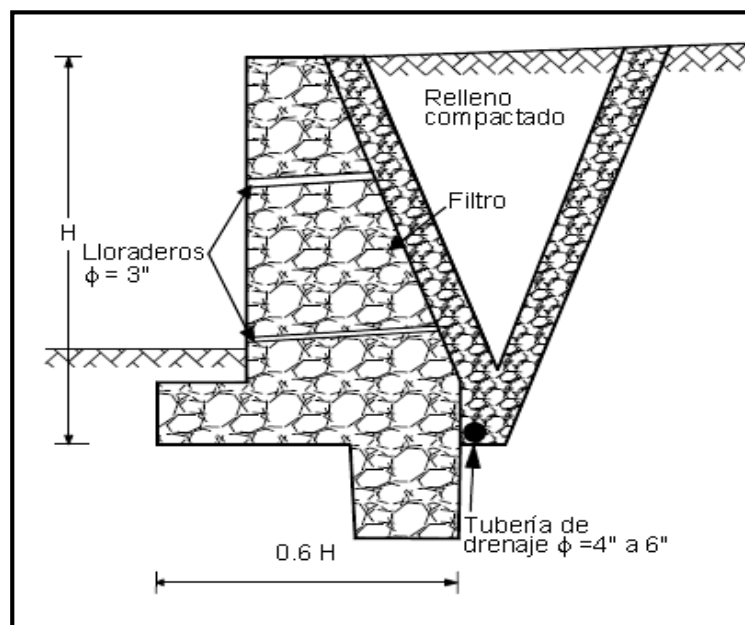
⁷ SUÁREZ, DÍAZ Jaime. libro deslizamientos-técnicas de remediación 2009. cap. 3 p. 114

La pendiente de la pared del muro debe tener una inclinación similar a la recomendada para muro de concreto reforzado.

Los muros de concreto deben cimentarse por debajo de la superficie de falla con el objeto de obtener fuerzas de reacción por fuera del movimiento que aporten estabilidad, no solo al muro sino al deslizamiento.

- **Muros de Concreto Ciclópeo.** El concreto ciclópeo es una mezcla de concreto con cantos o bloques de roca dura. Generalmente, se utilizan mezclas de 60% de concreto y 40% de volumen de bloques de roca. En algunos países se utilizan porcentajes mayores de bloques de roca.

Figura 7. Muro en concreto simple



Fuente Libro deslizamientos-técnicas de remediación. Estructuras de contención de gravedad.

- **Diseño de muros de concreto ciclópeo.** Para el diseño de muros de concreto ciclópeo se deben tener en cuenta la totalidad de los criterios indicados anteriormente para los muros de concreto simple y adicionalmente los siguientes criterios:

Deben utilizarse bloques de roca angulosa. Si se requiere utilizar bloques redondeados estos deben romperse o "rejonearse" para que tengan caras rugosas y bordes angulosos.

Es muy importante una buena adherencia entre los bloques de roca y el concreto.

Los muros de concreto ciclópeo poseen resistencia baja a la tensión y no se permiten muros esbeltos.

No se debe utilizar bloques de roca frágil o blanda (por ejemplo, lutitas o esquistos).

6.6 MUROS MASIVOS FLEXIBLES

Son estructuras masivas, flexibles. Se adaptan a los movimientos, su efectividad depende de su peso y de la capacidad de soportar deformaciones importantes sin que se rompa su estructura. Los muros flexibles son estructuras que se deforman fácilmente por las presiones de la tierra sobre ellas o que se acomodan a los movimientos del suelo y generalmente, se diseñan para resistir presiones activas en lo que se refiere a su estabilidad intrínseca y actúan como masas de gravedad para la estabilización de deslizamientos de tierra. (Tomado de Libro deslizamientos-técnicas de remediación cap. 3 p.115)

Cuadro 11. Ventajas y desventajas de los diversos Tipos de muro flexible

Muro	Ventajas	Desventajas
Gaviones	Fácil alivio de presiones de agua. Soportan movimientos sin pérdida de eficiencia.es de construcción sencilla y económica.	Las mallas de acero galvanizado se corroen fácilmente en ambientes ácidos. Al amarre de la malla y las unidades generalmente no se le hace un buen control de calidad.
Criba	Simple de construir y mantener. Utiliza el suelo en la mayor parte de su volumen. Utiliza elementos prefabricados los cuales permiten un mejor control de calidad.	Se requiere material granular autodrenante .puede ser costoso cuando se construye un solo muro por la necesidad de prefabricar los elementos de concreto armado. Generalmente no funciona en alturas mayores a siete metros.

Llantas	Son fáciles de construir y ayudan en el reciclaje de los elementos utilizados.	No existen procedimientos confiables de diseño y su vida útil no es conocida.
Piedra pedraplén	Son fáciles de construir y económicos cuando hay piedra disponible.	Requieren de la utilización de bloques o cantos de tamaño relativamente grande.

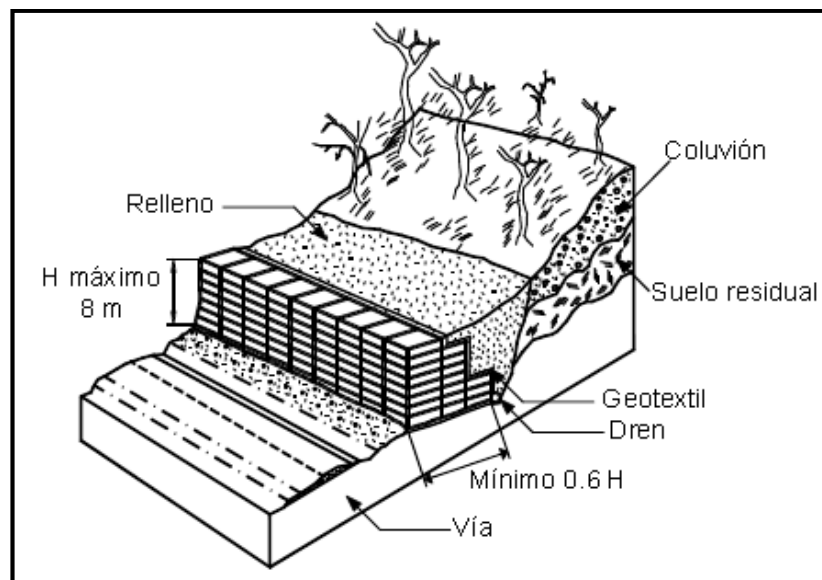
Fuente: Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Estructuras de contención o anclaje.

MUROS EN GAVIONES

Los gaviones son cajones de malla de alambre galvanizado que se rellenan de cantos de roca. Su estructura es flexible y puede tolerar asentamientos diferenciales mayores que otro tipo de muros y es fácil de demoler y reparar.

Se emplean tres tipos de mallas diferentes, hexagonales o de triple torsión, electro soldadas y elaborada simple. Las canastas de gavión se colocan unas sobre otras tratando de traslapar lo mejor posible las unidades para darle cierta rigidez que requiere el muro.⁸

Figura 8. Muro en gaviones



Fuente Deslizamientos - técnica de remediación. Estructura de contención de gravedad.

⁸ SUÁREZ, DÍAZ Jaime. Deslizamientos - técnica de remediación. Estructura de contención de gravedad.

- **Las mallas.** Se emplean tres tipos generales de malla (tomado de control de la erosión en zonas tropicales. Gaviones.):

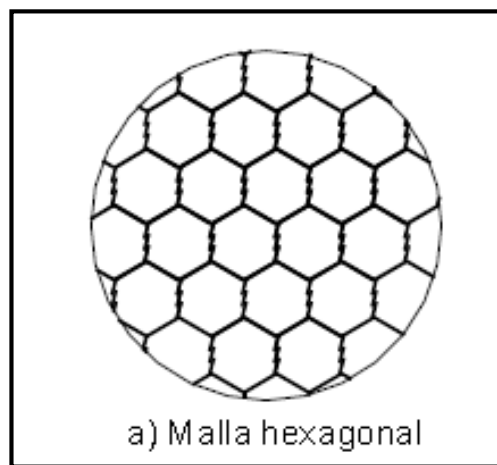
a) Malla hexagonal o de torsión.

b) Malla de eslabonado simple.

c) Malla electro soldada.

- **Mallas hexagonales.** La malla hexagonal ha sido la tradicionalmente utilizada en todo el mundo. Estas tienen la forma de un hexágono. Las dimensiones de la malla se indican por su escuadría, la cual incluye el ancho entre los dos entorchados paralelos y la altura o distancia entre entorchados colineales. Los gruesos del alambre varían según las dimensiones de las mallas aumentando proporcionalmente con estas. Para este tipo de gaviones se emplean generalmente calibres del 12 al 15 y dimensiones de 12 x 14 y 8 x 10 centímetros.

Figura 9. Tipos de mallas utilizadas para gaviones

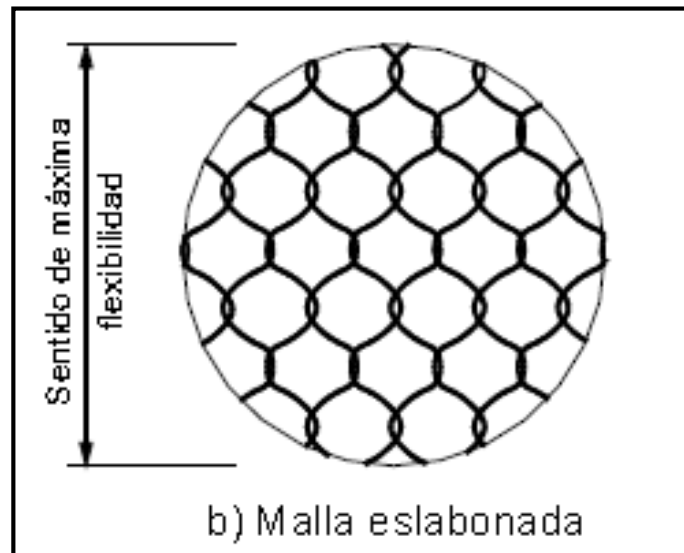


Fuente control de la erosión en zonas tropicales. Gaviones.

- **Mallas eslabonadas.** En las mallas eslabonadas no existe unión rígida entre los alambres, obteniéndose una mayor flexibilidad ya que permite el desplazamiento relativo de los alambres. Su empleo en Europa se refiere a obras en zonas de gran socavación hidráulica, empleando alambres de tres milímetros de diámetro. Su uso en Colombia se limita por lo general a alambres de calibres diez a doce. Para su construcción no se requieren equipos especiales pero su gran flexibilidad dificulta un poco su conformación en el campo.

Aunque no existe pérdida de resistencia por entorchamiento de la malla; al romperse un alambre, se abre toda la malla. Los espaciamientos entre alambres varían por lo general de cinco a doce centímetros, empleándose mayor diámetro del alambre a mayor separación.

Figura 10. Tipos de mallas utilizadas para gaviones

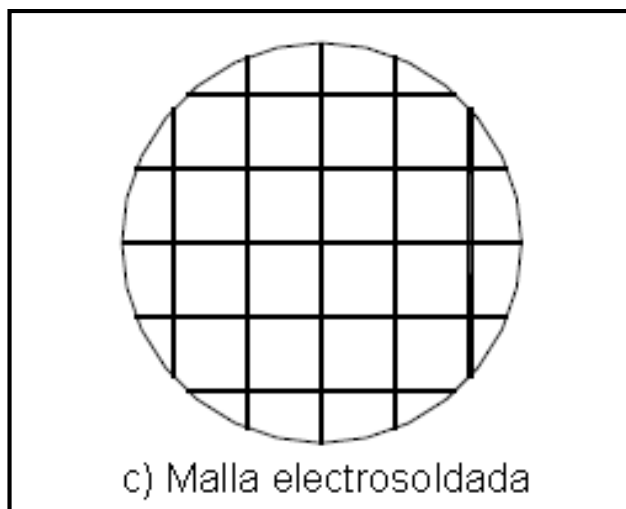


Fuente Control de la erosión en zonas tropicales. Gaviones.

- **Mallas electrosoldada.** La malla electrosoldada es más rígida que las eslabonadas y las hexagonales y su conformación se hace en cuadrículas de igual espaciamiento en las dos direcciones. Su comportamiento ha sido eficiente en Europa en obras donde se requiere de cierta rigidez.

La mayoría de los gaviones construidos en Bucaramanga (Colombia) son de éste tipo con un comportamiento eficiente por lo general. Su fácil conformación en el campo y su economía de construcción los ha hecho populares y su uso se ha extendido especialmente a obras de construcción de carreteras. Su diámetro de empleo varía de alambres calibre diez a doce con espaciamientos de siete a doce centímetros (10 cm es una dimensión típica para alambre calibre 10 y 7.5 cm para alambre calibre 12).

Figura 11. Tipos de mallas utilizadas para gaviones



Fuente Control de la erosión en zonas tropicales. Gaviones.

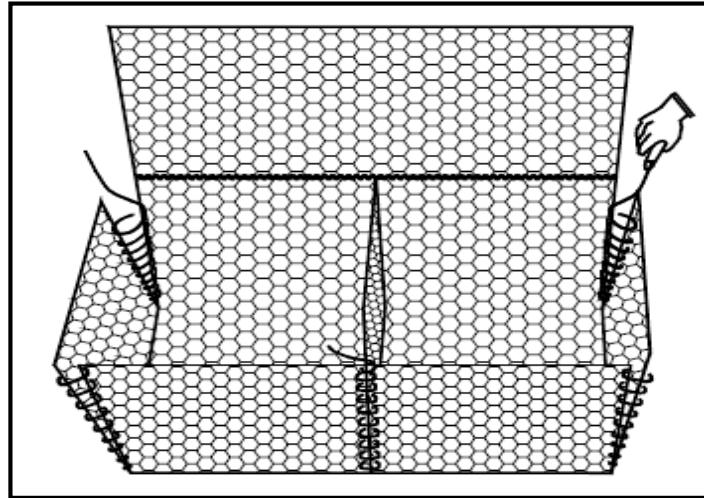
Resistencia de las mallas. La resistencia a la tensión de los alambres varía de 30 a 50 Kg/mm². Se debe tener en cuenta además la capacidad de deformación de los alambres. Los alambres rígidos o quebradizos no deben utilizarse para la fabricación de gaviones.

Alambres ensayados en la Universidad Nacional de Colombia (Calibre 15) y de diferentes tipos variaron sus resistencias de 33 a 44 Kg/mm² en deformaciones que variaron del 6.5 al 26.5%. Por lo tanto no es recomendable en diseños adecuados, emplear resistencias máximas de alambres a tensión superiores a 30 Kg/mm².

Proceso de llenado de gaviones. El gavión se rellena con piedras o cantos de tamaño mínimo de diez centímetros (en algunos casos se permiten cantos hasta de ocho centímetros de diámetro).

Cada unidad puede estar dividida por una serie de diafragmas que ayudan a la rigidez y permite el conservar su forma durante el llenado. El gavión se convierte en un lo que grande, flexible y permeable.

Figura 12. Diafragma interiores en unidad de gaviones



Fuente Control de la erosión en zonas tropicales. Gaviones.

INSTRUCCIONES PARA LA INSTALACIÓN (tomado de de erosión en zonas tropicales. Jaime Suarez Díaz Capítulo 7 gaviones pág. 237)

Diseñe e instale los gaviones de acuerdo a los estándares de los fabricantes y especificaciones de construcción.

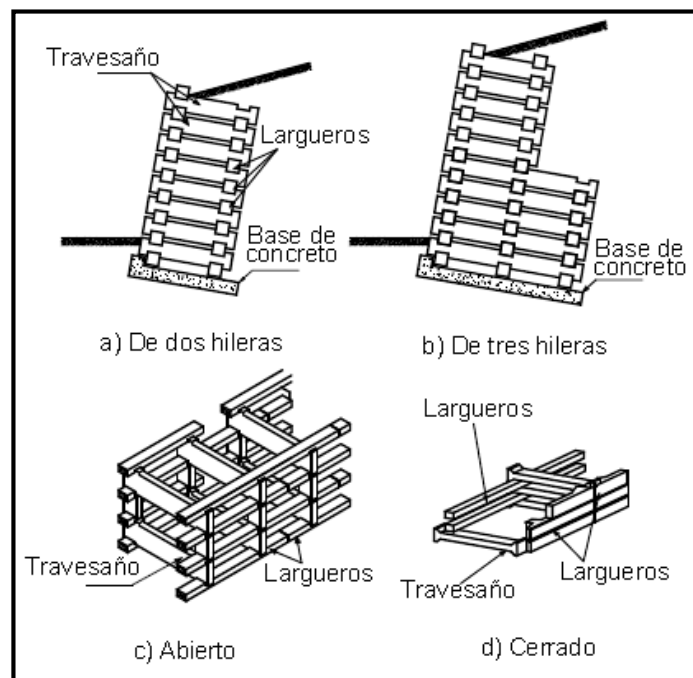
- Los gaviones deben ser fabricados de tal manera que todos los lados, tapas y diafragmas puedan ser ensamblados en el sitio de construcción, en canastas rectangulares de los tamaños especificados e indicados en los planos.
- Todas las unidades deben estar tejidas conformando cajones separados.
- Cuando la longitud de los gaviones excede 1.5 veces, el ancho horizontal el gavión debe dividirse con diafragmas de la misma malla y calibre del cuerpo del gavión, en celdas cuya longitud no debe exceder el ancho horizontal.
- Al colocar las unidades primero una las esquinas, cosiéndolas correctamente y luego coloque los diafragmas.
- Todas las aristas de todas las unidades de los gaviones deben coserse con alambre, en tal forma que el alambre pase cosiendo todos y cada uno de los espacios del gavión alternando costuras sencillas y dobles.

- Prepare la cimentación excavando hasta lograr una fundación dura y uniforme.
- Coloque el filtro de geotextil o filtro granular cubriendo el piso y los lados de la excavación.
- Excave siempre la cimentación con una pendiente hacia atrás en tal forma que los muros en gaviones tengan un ángulo hacia adentro del talud. Nunca los coloque en forma totalmente vertical.
- Antes de llenar los gaviones estos deben estirarse adecuadamente para asegurar uniones cerradas en todas sus aristas y todas sus caras.

6.7 MURO CRIBA

El muro criba es básicamente una estructura parecida a una caja formada por prefabricados de concreto entrelazados (Jaime Suarez Díaz.2009). El espacio interior de las cajas se rellena con suelo granular permeable o roca para darle resistencia y peso, conformando un muro de gravedad. Generalmente existen dos tipos de prefabricados que se colocan en forma paralela a la superficie del talud o normal a este.

Figura 13. Muros criba



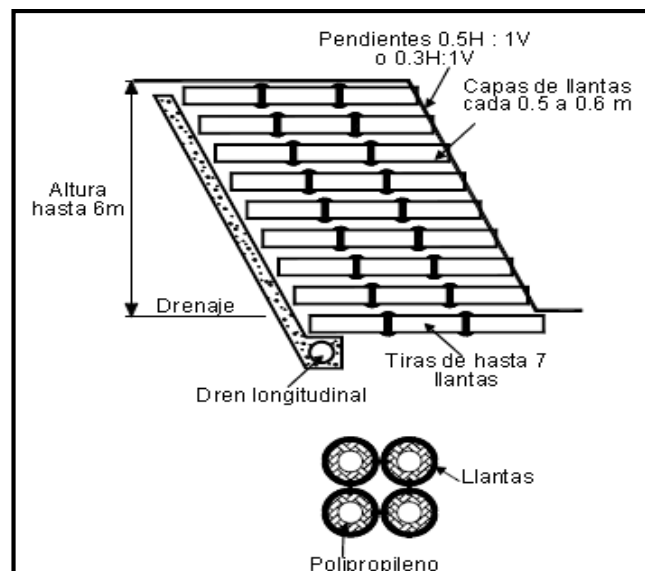
Fuente. Deslizamientos - técnicas de remediación. Estructuras de contención de gravedad.

Los largueros son prefabricados largos que se apoyan sobre los travesaños y que tienen como objeto contener el material colocado dentro de las cajas o cribas. El ancho del muro criba depende de la longitud de travesaños disponibles. El ancho mínimo generalmente, es de 1,2 metros. Los muros de baja altura puede construirse verticales pero, para alturas superiores a 2 metros generalmente, se construyen inclinados para mejorar su estabilidad. El muro criba teóricamente se comporta como un muro de gravedad, pero presenta el problema de que no es masivo y se debe analizar la posibilidad de que ocurran superficies de falla por encima del muro.

MURO CON LLANTAS USADAS

Los muros en llantas usadas conocidos como pneusol o tiresoil consisten en rellenos de suelo con llantas de caucho usadas embebidas. Las llantas son unidades entre sí por soga de refuerzo (Jaime Suarez Díaz.2009). Generalmente, se utilizan sogas de polipropileno y se conoce de la utilización de elementos metálicos. Los muros de llantas usadas son muy flexibles y se acomodan fácilmente a los asentamientos referenciales. Cada llanta se conecta a su vecina con soga de polipropileno o nylon.

Figura 14. Muro en llantas usadas

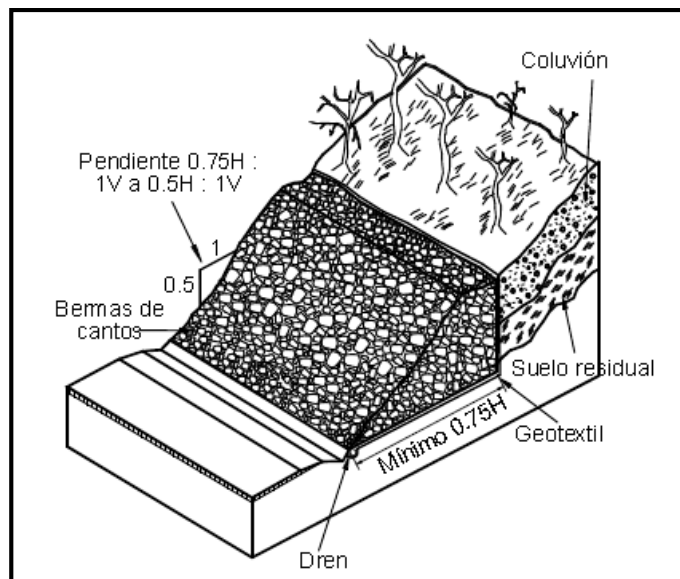


Fuente Deslizamientos - técnica de remediación. Estructuras de contención de gravedad.

MUROS EN PIEDRA (PEDRAPLENES)

Los muros en piedra son estructuras construidas con bloques o cantos grandes de roca, los cuales se colocan unos sobre otros en forma manual o al volteo. El tamaño de los bloques utilizados generalmente supera las 3 pulgadas y pueden utilizarse bloques hasta de 1 metro de diámetro si se tiene el adecuado equipo para su colocación. (Tomado de libro de Deslizamientos - técnica de remediación. Estructuras de contención de gravedad. Jaime Suarez Díaz.2009)

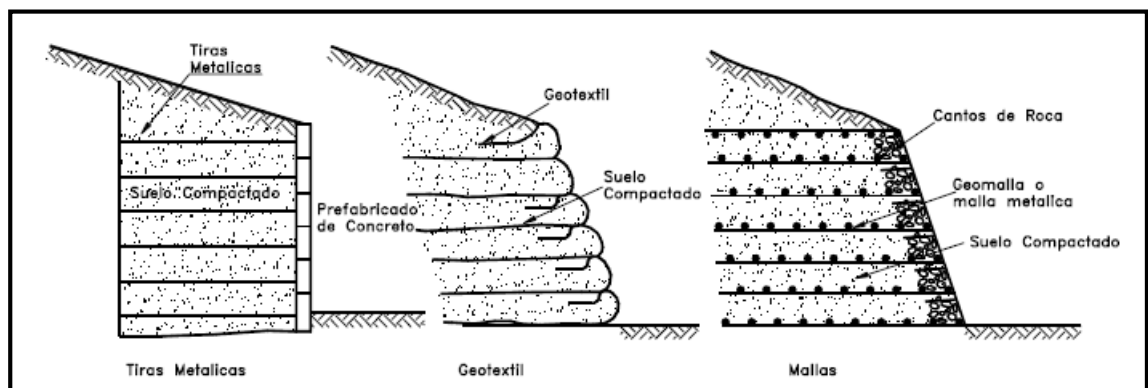
Figura 15. Muro en piedra



Fuente Deslizamientos - técnica de remediación. Estructuras de contención de gravedad.

TIERRA REFORZADA

Figura 16. Esquema de estructuras de tierra reforzada



Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Estructuras de contención o anclaje.

Las estructuras de tierra reforzada son terraplenes donde el suelo es su principal componente; y dentro de este, en el proceso de compactación, se

colocan elementos de refuerzo para aumentar su resistencia a la tensión y al cortante. (Suarez, DíazJaime.1998).Internamente deben su resistencia principalmente, al refuerzo y externamente actúan como estructuras masivas por gravedad. Son fáciles de construir. Permite construirse sobre fundaciones débiles, tolera asentamientos diferenciales y pueden demolerse o repararse fácilmente.

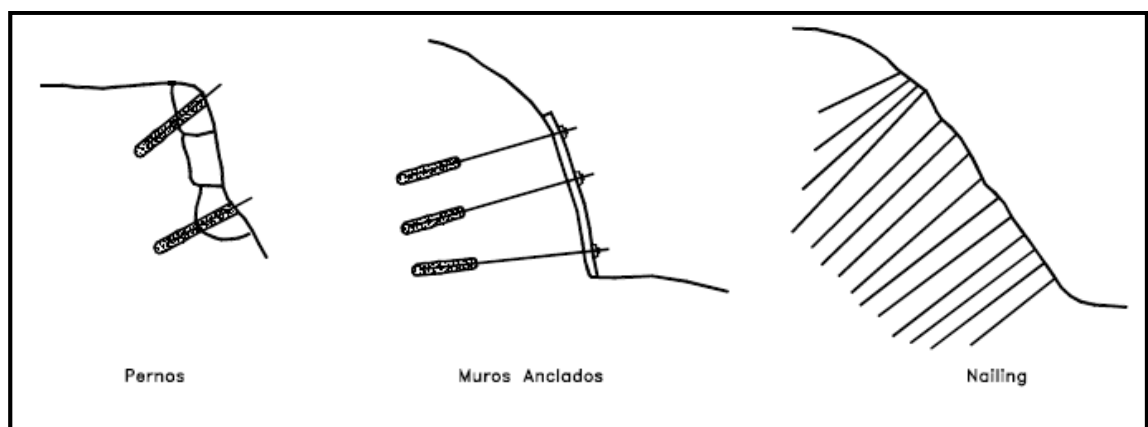
Cuadro 12. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de tierra reforzada.

Tipo	Ventajas	Desventajas
Refuerzo con tiras metálicas.	Los refuerzos metálicos le dan rigidez al terraplén y los prefabricados de concreto en su cara de fachada los hace presentables y decorativos.	Las zonas de refuerzo requieran protección especial contra la corrosión. Se requieren características especiales en el relleno utilizado con los elementos de refuerzo.
Refuerzo con geotextil.	Son generalmente muy económicos y fáciles de construir.	Son muy flexibles y se deforman fácilmente.las capas de geotextil se pueden convertir en superficies de debilidad para deslizamientos. el geotextil se descompone con la luz solar.
Refuerzo con malla.	La malla le da cierta rigidez al terraplén y las capas no constituyen superficies de debilidad. El efecto de anclaje es mejor.	Dependiendo del material constitutivo la malla puede descomponerse o corroerse.

Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Estructuras de contención o anclaje.

ESTRUCTURAS ANCLADAS

Figura 17. . Esquema de estructuras ancladas



Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Estructuras de contención o anclaje.

En las estructuras ancladas se colocan varillas o tendones generalmente, de acero en perforaciones realizadas con taladro, posteriormente se inyectan con cemento. Los anclajes pueden ser pretensados para colocar una carga sobre un bulbo cementado o pueden ser cementados simplemente sin colocar carga activa. (Tomado del libro Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Jaime Suarez Díaz cap. 14 tropicales p. 477)

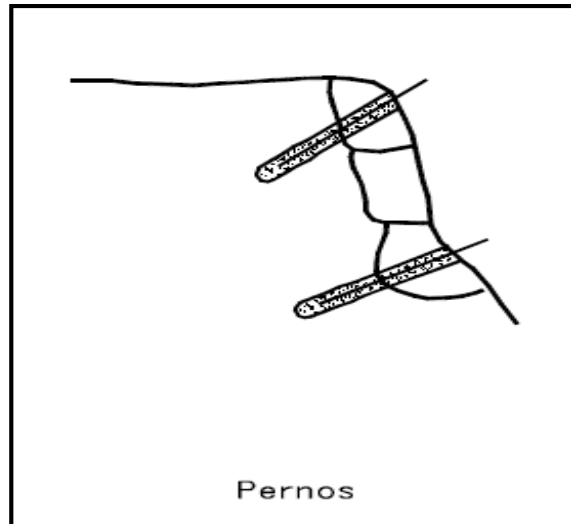
Cuadro 13. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de estructura anclada

Estructura	Ventajas	Desventajas
Anclajes y pernos individuales.	Permiten la estabilización de bloques individuales o puntos específicos dentro de un macizo de roca.	Pueden sufrir corrosión.
Muros anclados.	Se pueden construir en forma progresiva de arriba hacia abajo, a medida que se avanza con el proceso de excavación.	Los elementos de refuerzo pueden sufrir corrosión en ambientes ácidos. Se puede requerir un mantenimiento permanente (tensionando).con frecuencia se roban las tuercas y elementos de anclaje. Su construcción es muy costosa.
Nailing o pilotillos tipo raíz.	Muy eficientes como elemento de refuerzo en materiales fracturados o sueltos.	Generalmente se requiere una cantidad grande de pilotillos para estabilizar un talud específico lo cual los hace costosos.

Continúa .Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Estructuras de contención o anclaje.

- **Anclajes.** El uso de anclajes de acero en la estabilización de taludes se ha vuelto muy popular en los últimos años. Las estructuras ancladas incluyen los pernos metálicos utilizados para sostener bloques de roca, las estructuras con tendones pre tensionados, anclados en el suelo y los tendones pasivos no pre tensionados.

Figura 18. Esquema de estructura anclada



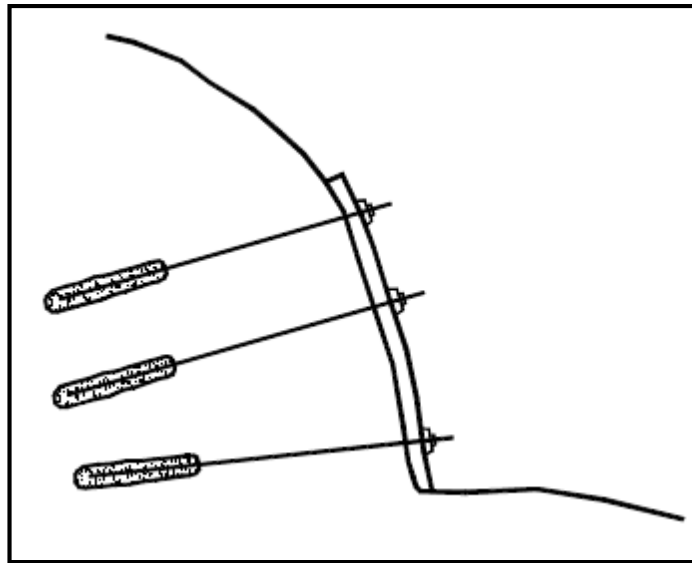
Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Estructuras de contención o anclaje.

- **Pernos individuales no tensionados.** Los pernos son elementos estructurales generalmente constituidos por varillas de acero, las cuales se colocan dentro de una perforación, la cual se inyecta posteriormente con cemento para unir la varilla al amacizo de roca.

Los pernos metálicos consisten en un sistema mecánico que presiona contra las presiones del hueco. la ventaja de los pernos metálicos es la instalación rápida y que el tensionamiento se puede llevar a cabo inmediatamente después de su colocación.

- **Muros anclados.** Los muros anclados son estructuras de gravedad, semigravedad o pantallas; que se sostienen mediante anclas pretensadas con bulbos profundos. los muros anclados pueden ser de varios tipos:
- **Muros de gravedad o semigravedad.** Las estructuras de gravedad son muros de concreto armado, a los cuales se les adicionan anclas pretensadas a varios niveles de altura.
- **Pantallas.** Son pantallas delgadas de concreto armado, las cuales se pueden construir utilizando concreto proyectado o fundidas en el sitio. A las pantallas de concreto se les colocan hileras de anclas a varios niveles. Las pantallas también pueden ser pre-excavadas utilizando el sistema de “slurry wall”

Figura 19. Esquema de estructura anclada



Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Estructuras de contención o anclaje.

ESTRUCTURAS ENTERRADAS

Son estructuras esbeltas, las cuales generalmente trabajan empotradas en su punta inferior. Internamente están sometidas a esfuerzos de flexión y cortante. (Suarez, Díaz Jaime, 1998).

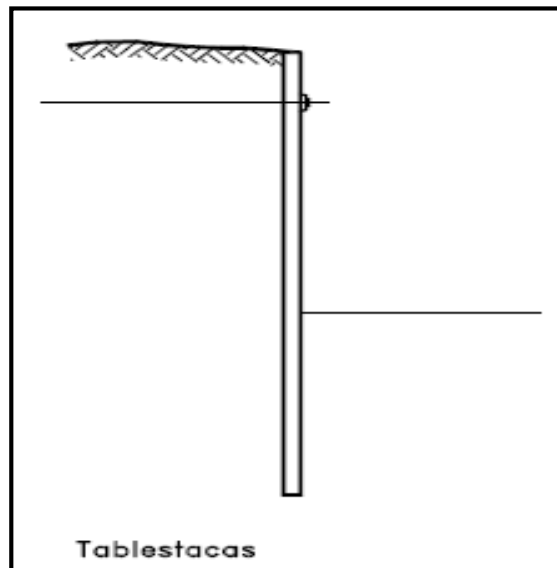
Cuadro 14. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de estructura enterrada

Estructura	Ventajas	Desventajas
Tablestaca	Su construcción es rápida y no requiere cortes previos. Son de fácil construcción junto a los cuerpos de agua o ríos.	No se pueden construir en sitios con presencia de roca o cantos.
Pilotes	Se pueden construir rápidamente.	Se puede requerir un número grande de pilotes para estabilizar un deslizamiento.
Pilas o caissons	No se requiere cortar el talud antes de construirlo. Se utilizan sistemas convencionales de construcción.	Se requieren profundizar muy por debajo del pie de la excavación. Su costo generalmente es elevado. la excavación puede requerir control del nivel freático.

Fuente: Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Estructuras de contención o anclaje.

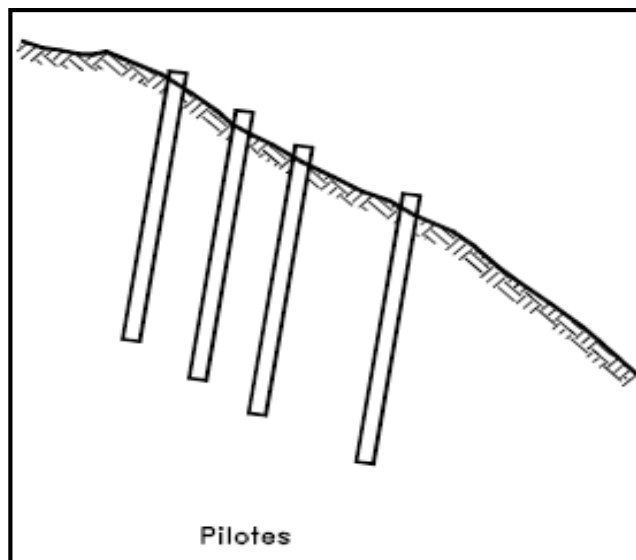
- **Tablestacas.** Las tablestacas son estructuras de contención hincadas y esbeltas las cuales trabajan generalmente a flexión en potradas o ancladas. Pueden ser de acero, de concreto o de madera siendo las de acero las más utilizadas. El muro de tablestaca está conformado por una serie de pilotes unidos entre sí para formar una pared continua. La integridad del muro depende de las uniones entre pilotes individuales.⁹

Figura 20. Esquema de estructura enterrada



Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Estructuras de contención o anclaje.

Figura 21. Esquema de estructura enterrada



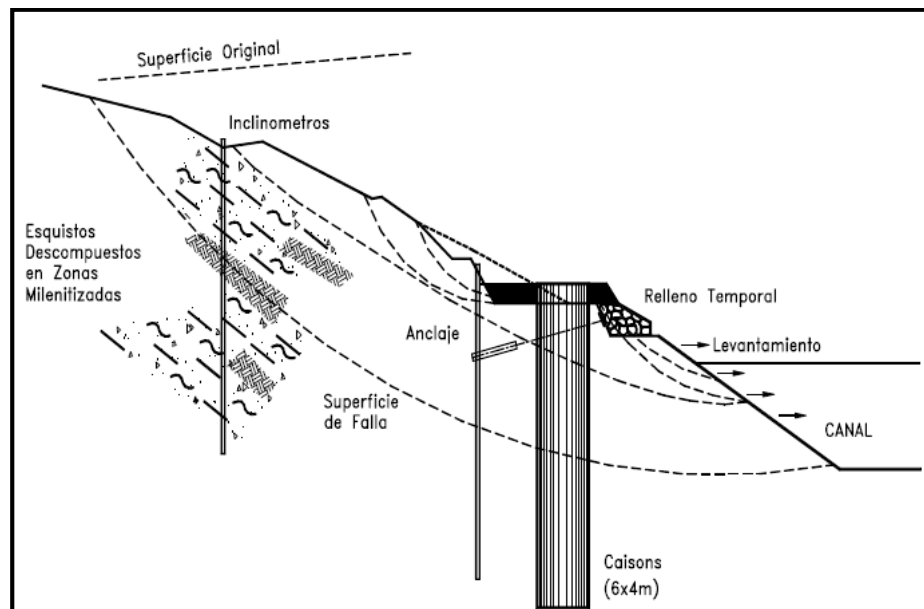
Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Estructuras de contención o anclaje

⁹ Ibíd., p. 478)

- **Pilotes.** Este método solo es apropiado para deslizamientos poco profundos y suelos que no fluyan entre pilotes. (Suarez, Díaz Jaime 1998) Los deslizamientos profundos generalmente producen fuerzas laterales muy grandes que no pueden ser resistidas fácilmente por los pilotes. Los pilotes deben enterrarse en suelo firme y competente para evitar su arrancamiento o inclinación. La resistencia o capacidad de un pilote y su efecto de factor de seguridad depende de la profundidad a la cual se encuentra hincado el pilote por debajo de la superficie de falla.
- **Muros de pilas de gran diámetro.** En ocasiones se construyen grandes muros a profundidades importantes construyendo pilas de gran diámetro unidas entre sí, conformando una estructura o muro de gravedad. Estos muros o pilas generalmente son de concreto armado y se excavan utilizando procedimientos similares a los de las pilas para cimentación de edificios. Generalmente se construye una sola hilera de pilas o pilotes, pero en algunos casos se utilizan dos hileras.

Dado que Suárez, Díaz Jaime, (1998) explica que las pilas deben enterrarse a una profundidad suficiente dentro de un estrato competente para producir fuerzas laterales que permitan la estabilidad de los muros. En todos los casos la profundidad de las pilas debe sobrepasar la superficie de falla crítica. Para utilizar el efecto de arco entre las pilas éstas generalmente, se colocan a una distancia de hasta 3 diámetros entre sí.

Figura 22. Esquema de estructura enterrada



Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Estructuras de contención o anclaje.

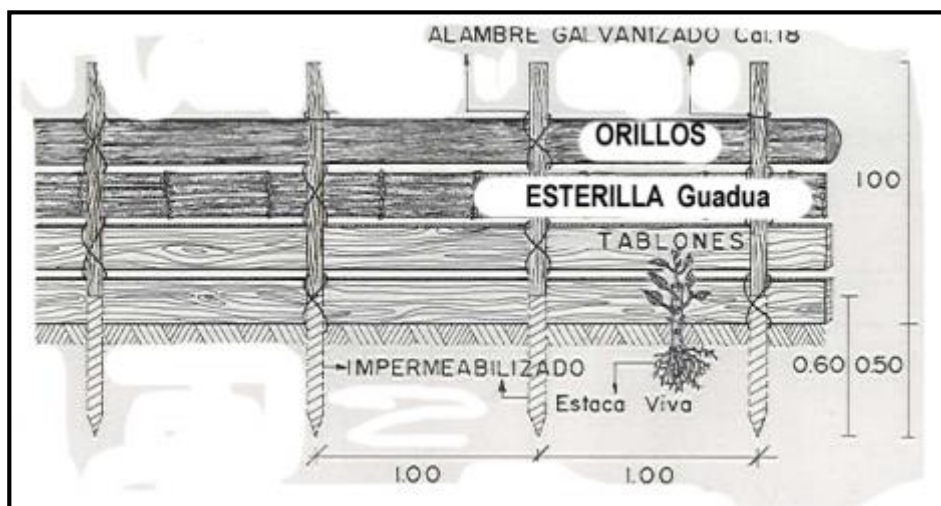
6.8 TRINCHOS

Son estructuras conformadas por elementos naturales, construidas sobre laderas inestables y fondos de cauces, encargadas de retener masas de suelo y reducir la velocidad de las aguas de escorrentía. Los tipos más comunes de trinchos son: (tomado de Obras de reducción y mitigación de riesgos en el departamento de caldas corpocaldas pag 17)

Trinchos en madera o guadua. Están compuestos por elementos horizontales que pueden ser de guadua o madera rolliza, los cuales, a su vez, están soportados por elementos verticales con diámetro igual a los horizontales y previamente hincados como mínimo a 80 cm de profundidad. Su altura es de 60 cm y su separación de 1.0 m. Los elementos horizontales se amarran a los verticales con alambre galvanizado de 3 mm de diámetro, tensado con grapas.

Trinchos en esterilla. Son estructuras de poca altura, encargadas de retener, en forma temporal, suelos y material vegetal para lograr el establecimiento definitivo de las coberturas vegetales en el área tratada. Se utilizan además para proteger las obras de drenaje localizadas a media ladera y en escarpes de deslizamientos antiguos que han dejado al descubierto suelos relativamente resistentes.

Figura 23. Esquema trinchos en madera



Fuente Estrategias para el control y manejo de la erosión en cárcavas

FUNCIÓN DE LOS TRINCHOS EN ZONAS DE LADERA

La construcción de trinchos en zonas de ladera, debe conducir únicamente a la estabilización del fondo de cauces y de taludes de cárcavas o drenajes naturales. Por tanto, se deben utilizar principalmente para disminuir la velocidad del agua de escorrentía (disipadores de energía) en derrumbes, cárcavas y cauces de drenajes naturales y para evitar en ellos el socavamiento de fondo y base de sus taludes, también para evitar formación de cárcavas en canales, cunetas de carretera, y taludes bajos de cajas colectoras de aguas de escorrentía proveniente de cunetas en carreteras y caminos.

- **Construcción de trinchos.** Por lo general los trinchos no siempre son contruidos con las especificaciones Técnicas, lo que los hace fácilmente destructibles por el agua.
- **Trinchos mal contruidos.** La mayoría de las veces los trinchos son mal contruidos y en lugar de dar soluciones al problema, conducen a acelerar los procesos erosivos.
 - Trincho con vertedero muy pequeño o sin él. Los cuales llevan a la acumulación de sedimento hasta taponar el canal y obligar las aguas de escorrentía a desviarse hacia sitios menos protegidos, originando cárcavas nuevas.
 - Trinchos sin amortiguador de las aguas provenientes del vertedero (babero), dan lugar al socavamiento de la base del trincho y desplome posterior del mismo.
 - Trinchos sin empotrar en el terreno. Son aquellos contruidos sobre el cauce de la cárcava o drenaje natural, dando lugar al socavamiento del mismo y como consecuencia, el trincho queda en el aire y el agua avanza por debajo del mismo hasta lograr su volcamiento.
 - Trinchos para conducción de aguas de escorrentía en cunetas de carretera y canales y en caminos:

Cuando el caudal de agua no es permanente como en el caso de cunetas de carretera, se pueden hacer trinchos temporales y sencillos, buscando con ellos disipar la energía de las aguas de escorrentía y dar oportunidad a las coberturas vegetales nativas o inducidas de porte denso y rastrero, para que cubran la cuneta. En canales, los trinchos se pueden hacer clavando estacas

de latas de guadua a ras del suelo, siguiendo el contorno del canal. En caminos se colocan acostando las guaduas a través de la. Pendiente, enterradas solo hasta la mitad y sostenidas con estacas a ras de las guaduas acostadas. Estos trinchos son temporales dando lugar al establecimiento de las coberturas vegetales densas, disipadoras de las aguas de escorrentía.

- Trinchos vivos para conducir aguas de escorrentía en derrumbes superficiales:

Luego de un aguacero cuando se presenten derrumbes superficiales en terrenos pendientes y no haya manera de encauzar las aguas de escorrentía por otros sitios, se puede estabilizar el proceso degradativo acostando superficialmente a través de la pendiente estacas vivas de quiebrabarrigo, matarratón o leucaena, sostenidas en sus extremos con estacas vivas de los mismos materiales. Se deben sembrar las estacas unas a continuación de otras a través de la pendiente, con distancias entre surcos de 30 cm y sembrar en las calles estolones de maní forrajero (*Arachis pintoi*), pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) o pasto braquiaria (*Brachiaria decumbens*). Esto permite cubrir el área de vegetación en un tiempo aproximado de tres a seis meses

- Construcción de trinchos vivos en drenajes naturales:

Estos trinchos deben llevar especificaciones especiales, ya que los caudales de agua son muy variables en el año y a través del tiempo, debido a la presencia de lluvias de duración e intensidades diferentes, lo cual conduce a hacer cálculos dispendiosos de intensidades y caudales máximos, con sus períodos de retorno respectivos y probabilidad de ocurrencia de los eventos.

Los trinchos vivos en zonas de ladera, no pueden asimilarse a un muro de contención en concreto o de gaviones en piedra. Estos son disipadores simples de energía del agua que escurre y por tanto, estas estructuras no deben obstruir el paso libre del agua, y como tal, no pueden ser muy altas (mayores de 1 m), ya que así se convierten en acumuladores de sedimentos tal como están recomendadas para terrenos planos. En zonas de ladera los trinchos muy altos se pueden volcar fácilmente, represar el caudal de agua y originar avalanchas catastróficas en épocas de lluvias largas y de intensidad alta. (Tomado de Construcción de trinchos vivos para conducción de aguas de escorrentía en zonas tropicales de ladera, Rivera Posada, José Horacio)

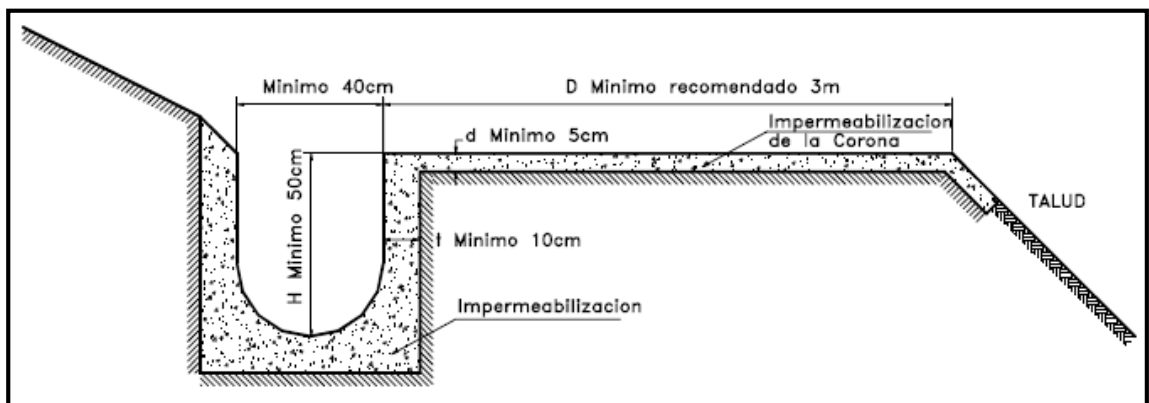
6.9 SISTEMAS DE CONTROL DE AGUAS

Los sistemas más comunes para el control del agua son:

Canales o zanjas de corona. Las zanjas en la corona o parte alta de un talud son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias, evitando su paso por el talud. La zanja de coronación no debe construirse muy cerca al borde superior del talud, para evitar que se conviertan en el comienzo y guía de un deslizamiento en corte recientes o de una superficie de falla en deslizamientos ya producidos.

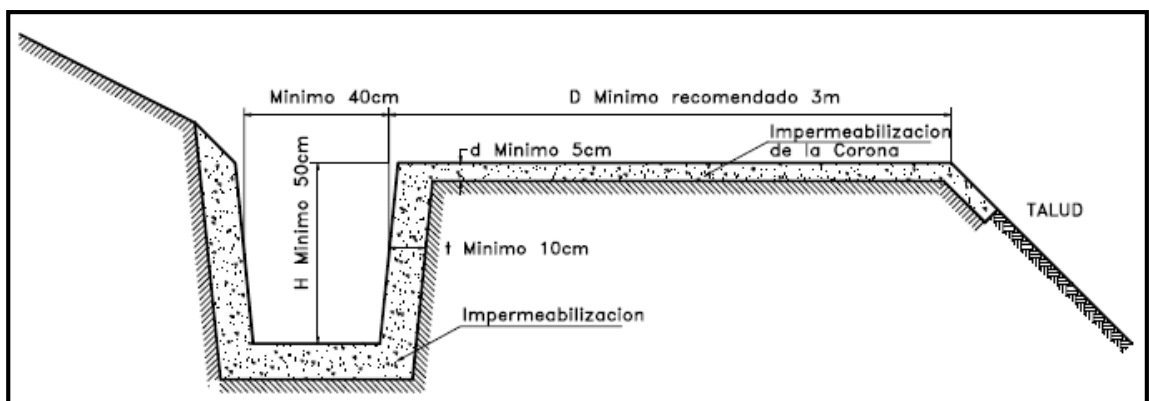
Acorde con Suárez, Díaz Jaime en Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales (1998), Se recomienda que las zanjas de coronación sean totalmente impermeabilizadas, así como debe proveerse una superficie pendiente para garantizar un rápido drenaje del agua captada. Las dimensiones y ubicación de la zanja pueden variar de acuerdo a la topografía de la zona y al cálculo previo de caudales colectados. Generalmente, se recomienda una zanja rectangular de mínimo 40 cm, de ancho y 50 cm de profundidad.

Figura 24. Esquema zanja de coronación



Fuente: Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Control de aguas superficiales y subterráneas.

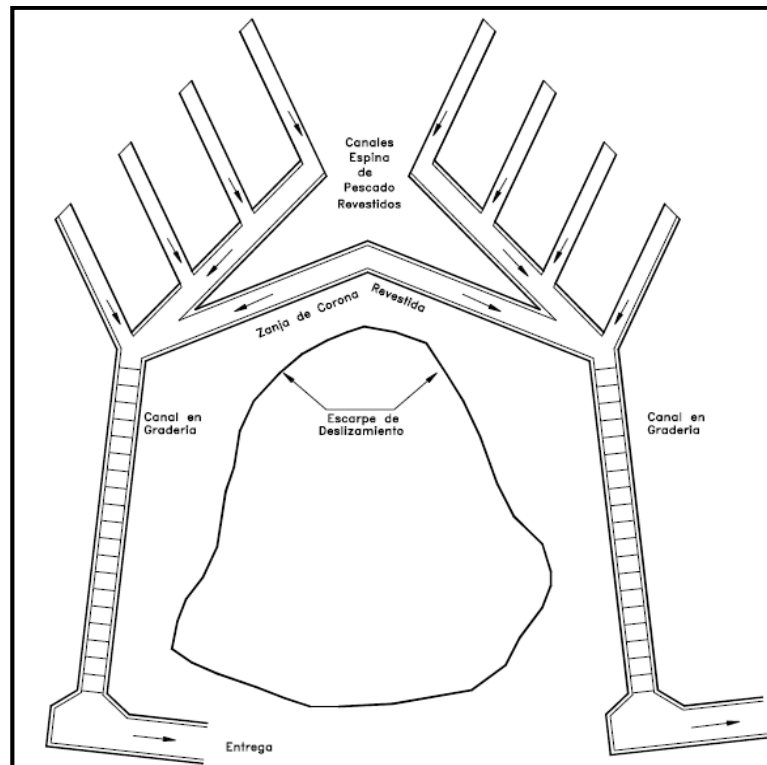
Figura 25. Esquema zanja de coronación



Fuente: Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Control de aguas superficiales y subterráneas.

- **Canales colectores en espina de pescado.** Para disminuir la infiltración de agua en las áreas arriba del talud se acostumbra construir canales colectores en espina de pescado, las cuales conducen las aguas colectadas, por la vía más directa hacia afuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a canales en gradería.

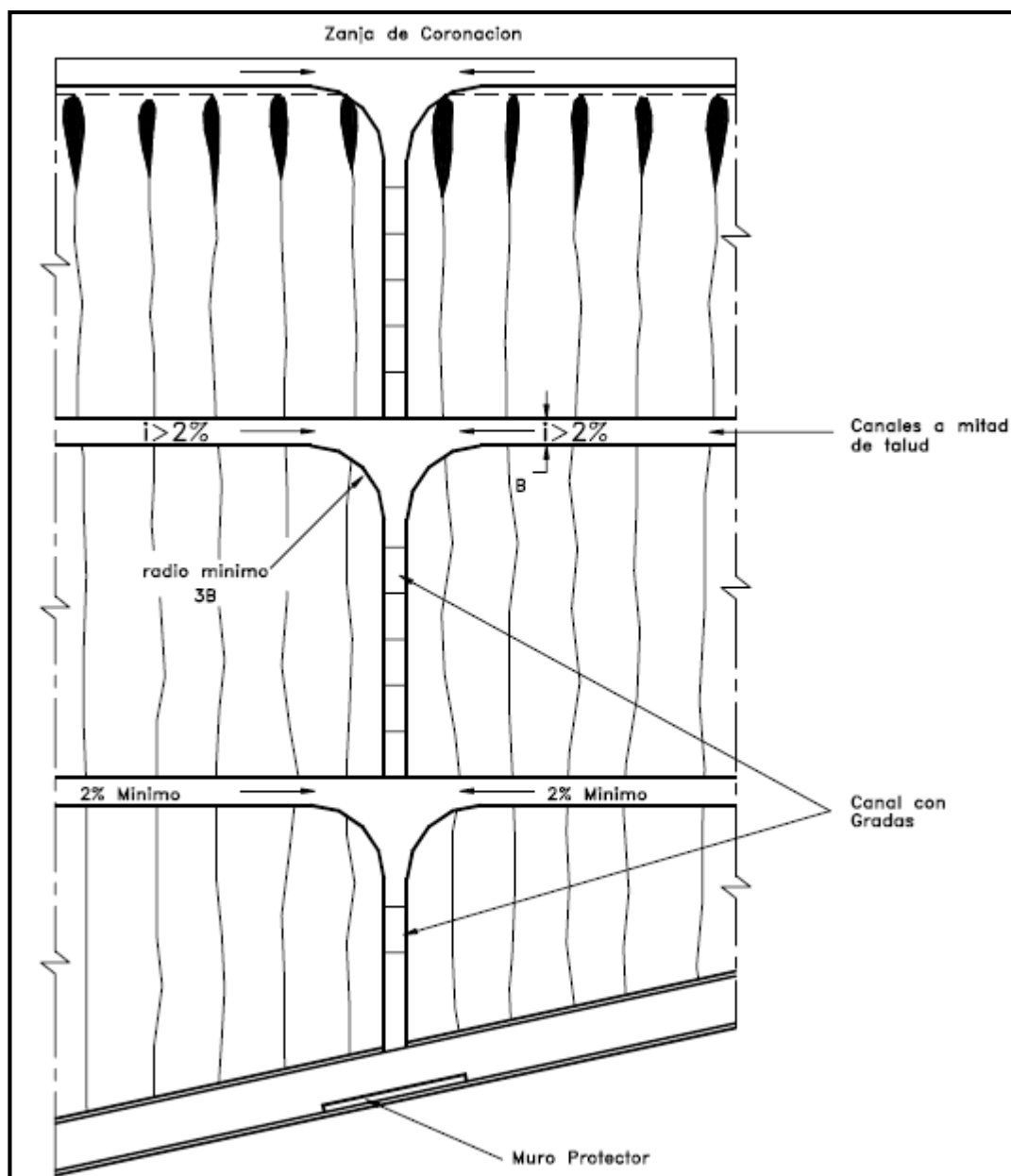
Figura 26. Esquema de canales colectores espina de pescado



Fuente Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Control de aguas superficiales y subterráneas

- **Canales interceptores a mitad de talud.** En suelos susceptibles a la erosión se recomienda construir canales de drenaje transversales a mitad de talud. Se recomienda construir canales interceptores en todas y cada una de las bermas intermedias del talud. Suárez, Díaz Jaime (1998). Estos canales deben revestirse apropiadamente conduciendo las aguas a graderías de disipación de energía. Los canales a mitad del talud deben tener una pendiente tal que impida la sedimentación de materiales. Las bermas deben ser lo suficientemente anchas para que exista un sobre ancho de protección para los canales, en el caso de producirse derrumbes de las coronas de los taludes resultantes.

Figura 27. Esquema de entrega de canales interceptores a mitad de talud

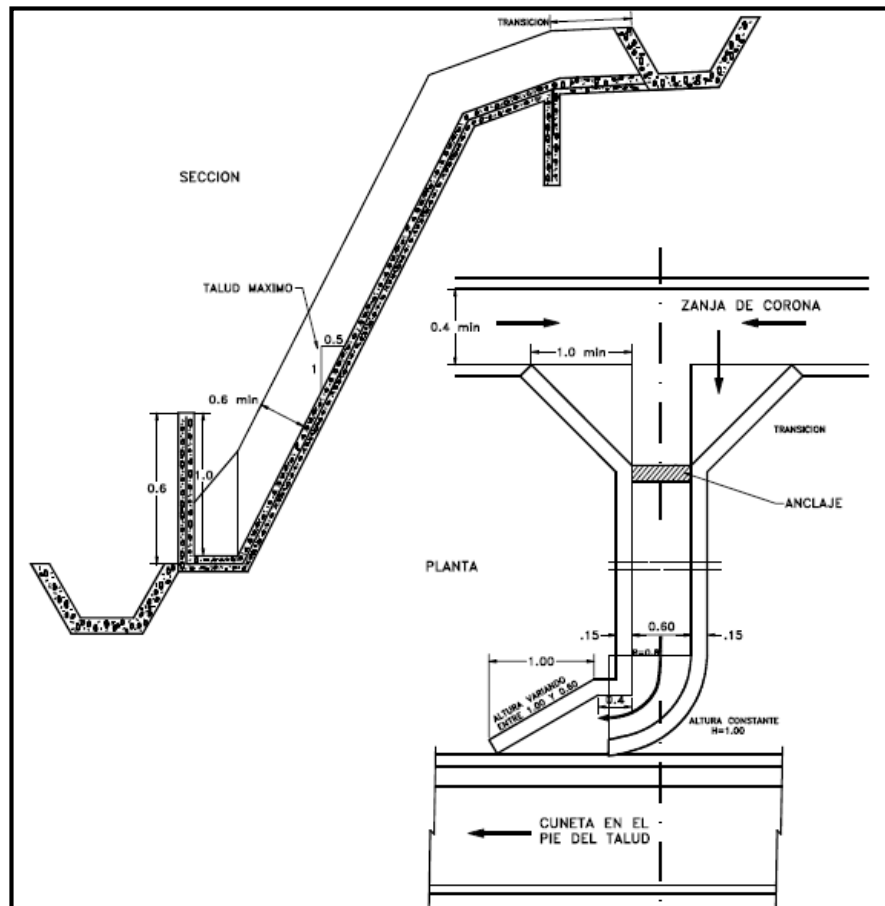


Fuente Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Control de aguas superficiales y subterráneas.

- **Canales colectores y disipadores.** Los canales deben conducirse a entregas en gradería u otro disipador de energía que conduzca el agua recolectada hasta un sitio seguro. Se presentan dos tipos diferentes de canales:

- El canal rápido. Se construye a una pendiente igual a la del talud y en ocasiones se le colocan elementos sobresalientes en su fondo para disipar energía. Este sistema es muy utilizado por ser más económico, pero presenta el problema de la poca energía disipada.

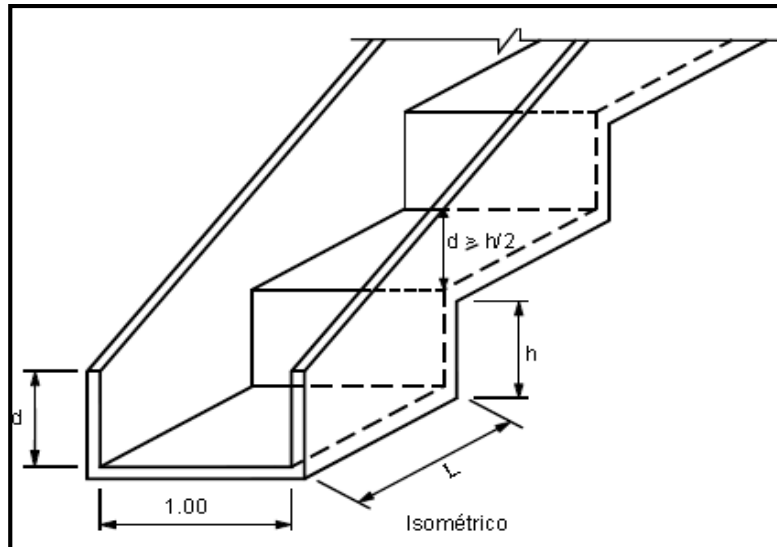
Figura 28. Esquema de un canal rápido



Fuente Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Control de aguas superficiales y subterráneas.

El canal en gradería. El sistema de graderías es más eficiente para disipar energía. El flujo en este tipo de canal es turbulento y debe construirse un muro lateral de borde libre suficiente para permitir la salpicadura del flujo. (Tomado del libro Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Control de aguas superficiales y subterráneas.cap. 13 pag.438)

Figura 29. Esquema canal de entrega con gradas de disipación



Fuente Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Control de aguas superficiales y subterráneas.

- **Cortinas subterráneas impermeables.** Puede impedirse que el agua subterránea alcance la zona de inestabilidad potencial mediante la construcción de pantallas impermeables profundas. Las pantallas subterráneas pueden consistir en zanjas profundas rellenas de asfalto o concreto.

6.10 MATERIAL DE FILTRO

Es conveniente tener en cuenta que los drenes tratan de taponarse por transporte y depositación de las partículas más finas del suelo. Para evitar este fenómeno se debe colocar un filtro que debe cumplir los siguientes objetivos:

- Impedir el paso de las partículas finas del suelo a proteger.
 - Permitir la filtración rápida del agua.
-
- **Filtros de geotextil.** Los geotextiles son telas permeables, filtrantes, construidas con fibras sintéticas, especialmente polipropileno, poliéster, nylon y polietileno. Los geotextiles generalmente, se clasifican en tejidos y no tejidos. Los tejidos a su vez se diferencian de acuerdo al sistema de tejido.

Los geotextiles más utilizados para filtro son los no tejidos, entre los cuales se deben diferenciar los perforados con alfileres, los pegados al calor y los pegados con resinas.

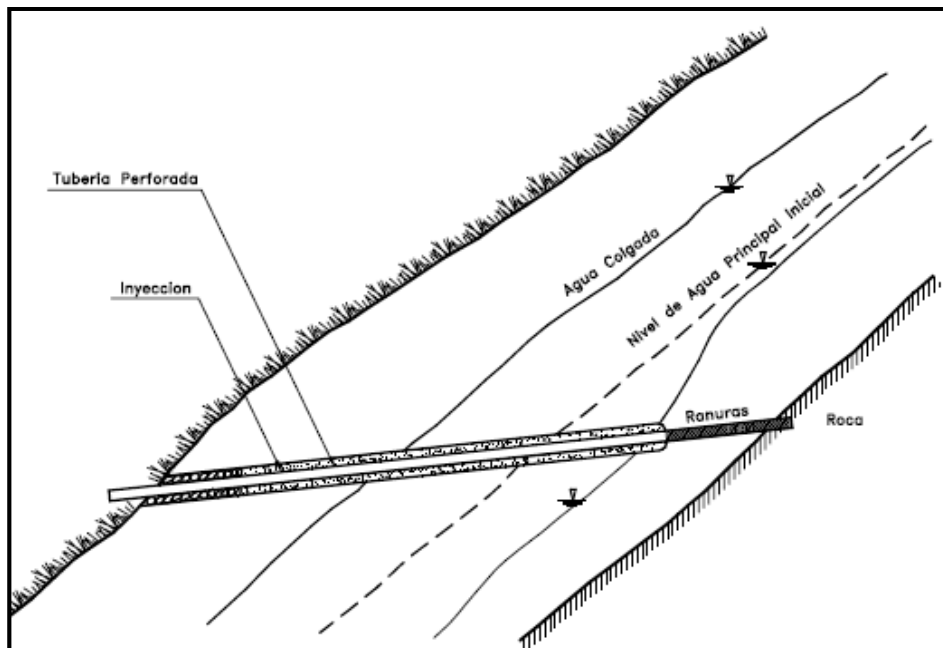
Los principales problemas de las telas filtrantes corresponden a su baja resistencia a la exposición a los rayos solares, los cuales las descomponen.

DRENES HORIZONTALES O DE PENETRACIÓN

Un dren horizontal o subdren de penetración consiste en una tubería perforada colocada a través de una masa de suelo mediante una perforación profunda subhorizontal o ligeramente inclinada, con la cual se busca abatir el nivel freático hasta un nivel que incremente la estabilidad del talud. La principal ventaja de los drenes horizontales es que son rápidos y simples de instalar y se puede obtener un aumento importante del factor de seguridad del talud en muy poco tiempo. (Tomado de Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Suárez, Díaz Jaime Cap. 13 pág. 453)

El diámetro de las perforaciones es de aproximadamente 3 a 4 pulgadas dentro de las cuales se colocan tuberías perforadas. los tubos utilizados son metálicos, de polietileno o PVC.

Figura 30. Esquema general de colocación de un subdren de penetración



Fuente Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Control de aguas superficiales y subterráneas.

7. MARCO LEGAL Y NORMATIVO

En base a la normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente NSR-98 y NSR-10 TITULO C, CAPITULO C 15.12 (MUROS Y ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN).

Los muros y elementos de contención de concreto reforzado deben diseñarse de acuerdo con los requisitos apropiados del presente Título C del Reglamento NSR-10. Los empujes, presiones activas y pasivas del suelo, empujes inducidos por los movimientos sísmicos, y los demás parámetros requeridos para el dimensionamiento de las estructuras de contención deben ser definidos en el estudio geotécnico, de acuerdo con lo prescrito en el Título H.

Guia para la presentacion de propuestas y anteproyectos de grado e investigacion. Universidad libre.facultad de ingenieria.

Norma tecnica colombiana NTC 1486 (sexta actualización), NTC 5613, NTC 4490.

8. MARCO METODOLÓGICO

8.1 DISEÑO METODOLÓGICO

La investigación denominada INVENTARIO, CARACTERIZACIÓN, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE CONTROL Y MANTENIMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACION Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES ADELANTADOS EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA, DURANTE LA DÉCADA 1999-2009, se enmarca dentro de la investigación cualitativa y pertenece a los estudios descriptivos, dado que según **HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BATISTA LUCIO, pilar**, Metodología de la investigación, cuarta edición, “Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos conceptos (variables), aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así describir lo que se investiga.”

Los estudios descriptivos únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar como se relacionan las variables medidas.

Complementaria mente es necesario destacar que durante el proceso investigativo se desarrollaron las siguientes actividades:

- Selección del universo de datos a partir de las bases de datos suministrado por el FOREC, municipio de Pereira y CARDER, ello posibilitó la definición del plan de acción de las visitas realizadas.
- Planeación del tipo de información a recolectar, mediante el aplicativo de campo (Ficha de campo).
- Ejecución de cada una de las visitas a los sitios ya seleccionados en esta investigación.
- Procesamiento de la información recolectada en campo, a partir de los siguientes criterios: localización, tipología, estado, geometría, cuantificación de longitudes y volúmenes, entre otros aspectos.

- Georeferenciación de cada obra de mitigación asociada a la información recolectada en campo, asociada a la base de datos.
- Manejo estadístico de cada variable presentada en la ficha de control de campo
- Evaluación del estado de las obras de mitigación bajo estándares constructivos y normatividad vigente.
- Elaboración de un protocolo para la presentación de proyectos de estabilización en el municipio de Pereira que esté de acuerdo con la normatividad actual.
- Conformación de un manual de mantenimiento de obras de estabilización de acuerdo a estándares y experiencias obtenidas durante todo este proceso investigativo.

8.2 CUADRO DE DISEÑO METODOLÓGICO

Cuadro 15. Diseño metodológico

Objetivos específicos	Técnica	Instrumento	Producto/ resultado.
Adelantar el inventario de obras y/o medidas de mitigación y/o estabilización de taludes ejecutadas en el perímetro urbano del municipio de Pereira, durante la última década.	Observación directa.	Ficha técnica para toma de datos de campo.	Inventario de obras de mitigación.
Determinar la funcionalidad, estado y vida útil de las medidas de mitigación y/o estabilización de taludes ejecutadas en el perímetro urbano del municipio de Pereira, según estándares ingenieriles y reglamentación vigente	Observación directa en campo	Ficha técnica	Diagnostico de cada medida de mitigación
Georeferenciar las medidas de mitigación diagnosticadas, con sus correspondientes bases de datos asociadas y registro fotográfico Niveles de amenaza y riesgo.	Trabajo de campo y escritorio.	Base de datos como resultado del trabajo de campo.	Información almacenada base de datos.
Formular de manera proximal y concertada con las autoridades locales, un protocolo de estándares mínimos para la presentación de estudios y resultados de estabilidad de taludes y un manual de mantenimiento de obras	Recopilación de la experiencia dejada por la investigación.	Conclusiones arrojadas a partir de los resultados de la investigación.	Estándares mínimos para la estabilización y mitigación de laderas.

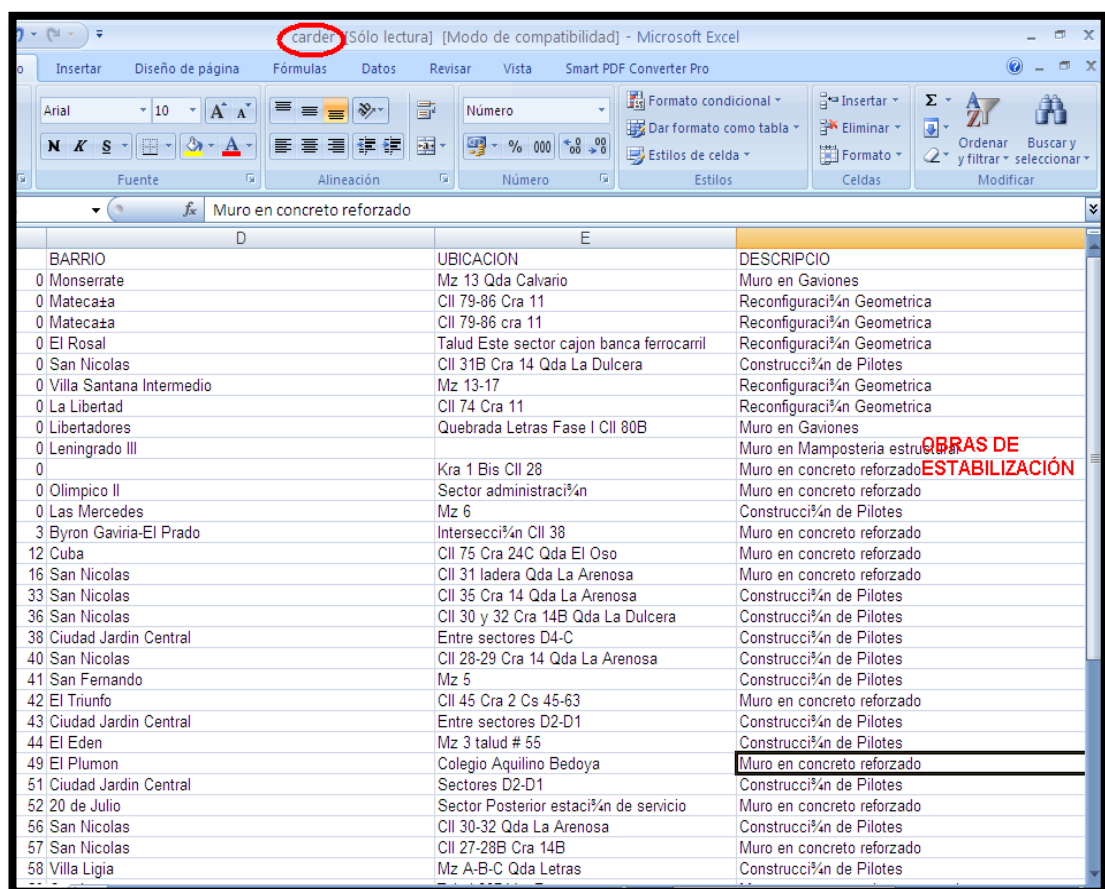
Fuente Co- investigadores.

9. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se partió de un universo de trabajo consistente en 65 sitios seleccionados de las diferentes obras ejecutadas por la CARDER, el Municipio de Pereira y el FOREC, durante la última década, a partir de los listados oficiales aportados por cada una de las entidades a la DOPAD Pereira. Tales sitios fueron visitados, levantada la información y consignada en una ficha técnica, georeferenciada y a partir de su posterior análisis se empezaron a definir las distintas estrategias tendientes a unificar los criterios para los estudios previos, el diseño, el control y monitoreo de obras con el objeto de garantizar la estabilidad general de los terrenos y la vida útil de las obras ejecutadas.

9.1 INVENTARIO DE OBRAS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y/O ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EJECUTADAS EN EL PERÍMETRO URBANO DEL MUNICIPIO DE PEREIRA, DURANTE LA ÚLTIMA DÉCADA

Figura 31. Obras de mitigación



D	E	DESCRIPCIO
BARRIO	UBICACION	
0 Monserrate	Mz 13 Qda Calvario	Muro en Gaviones
0 Matecaza	Cil 79-86 Cra 11	Reconfiguraci3n Geometrica
0 Matecaza	Cil 79-86 cra 11	Reconfiguraci3n Geometrica
0 El Rosal	Talud Este sector cajon banca ferrocarril	Reconfiguraci3n Geometrica
0 San Nicolas	Cil 31B Cra 14 Qda La Dulcera	Construcci3n de Pilotes
0 Villa Santana Intermedio	Mz 13-17	Reconfiguraci3n Geometrica
0 La Libertad	Cil 74 Cra 11	Reconfiguraci3n Geometrica
0 Libertadores	Quebrada Letras Fase I Cil 80B	Muro en Gaviones
0 Leningrado III		Muro en Mamposteria estructural
0	Kra 1 Bis Cil 28	Muro en concreto reforzado
0 Olimpico II	Sector administraci3n	Muro en concreto reforzado
0 Las Mercedes	Mz 6	Construcci3n de Pilotes
3 Byron Gaviria-El Prado	Intersecci3n Cil 38	Muro en concreto reforzado
12 Cuba	Cil 75 Cra 24C Qda El Oso	Muro en concreto reforzado
16 San Nicolas	Cil 31 ladera Qda La Arenosa	Muro en concreto reforzado
33 San Nicolas	Cil 35 Cra 14 Qda La Arenosa	Construcci3n de Pilotes
36 San Nicolas	Cil 30 y 32 Cra 14B Qda La Dulcera	Construcci3n de Pilotes
38 Ciudad Jardin Central	Entre sectores D4-C	Construcci3n de Pilotes
40 San Nicolas	Cil 28-29 Cra 14 Qda La Arenosa	Construcci3n de Pilotes
41 San Fernando	Mz 5	Construcci3n de Pilotes
42 El Triunfo	Cil 45 Cra 2 Cs 45-63	Muro en concreto reforzado
43 Ciudad Jardin Central	Entre sectores D2-D1	Construcci3n de Pilotes
44 El Eden	Mz 3 talud # 55	Construcci3n de Pilotes
49 El Plumon	Colegio Aquilino Bedoya	Muro en concreto reforzado
51 Ciudad Jardin Central	Sectores D2-D1	Construcci3n de Pilotes
52 20 de Julio	Sector Posterior estaci3n de servicio	Muro en concreto reforzado
56 San Nicolas	Cil 30-32 Qda La Arenosa	Construcci3n de Pilotes
57 San Nicolas	Cil 27-28B Cra 14B	Muro en concreto reforzado
58 Villa Ligia	Mz A-B-C Qda Letras	Construcci3n de Pilotes

Fuente Carder (Corporación Autónoma Regional de Risaralda)

Figura 32. Obras de mitigación

TALUD_NO	IDENTIFICA	UBICACION	AREA_INTER	DESCRIPCIO
1	Cra 11 No 71-10 Zoológico	La Libertad	180	Excavación en tierra. Lleno compactado. Captación aguas su
2	Cra 11 Media torta Zoológico	La Libertad	395	Captación de agua superficiales. Cobertura vegetal
3	Av. 30 de agosto No.87-196	Catalán	247	Muro de contención en concreto reforzado
4	Mz 1 Cs 1 a 9	Jardín II	1600	Muro de contención en gaviones, Muro de contención en con
5	Mz 37	Leningrado III	400	Muro de contención en concreto reforzado
6	Cra 2 bis cl 38 Cs 15-16	El Prado	60	Muro de contención en concreto ciclopeo
7	Mz 1 y 2	El EdUn	600	Muro de contención en concreto reforzado
8	Mz 4 Cs 12	La Divisa	2100	Trincho en guadua, Muro de contención en concreto ciclopeo
9	Cra 22 Cl 72 a 75	San Fernando	1737	Trincho en guadua, Muro de contención en gaviones, Muro de
10	Cra 24C No. 75-07	Cuba	120	Trincho en guadua, Muro de contención en gaviones, Muro de
11	Mz 4 Cs 25 y 28	Monserate	120	Muro de contención en concreto ciclopeo
12	Mz 1 Cs 13-18	Intermedio	637	Muro de contención en gaviones
13	Mz 2 Cs 5	Nuevo Plan	118	Muro de contención en concreto reforzado
14	Casa de Hernando Hernández	Canceles	80	Muro de contención en concreto reforzado
15	Mz 3 Cs 1-5	Barajas	916	Muro de contención en gaviones, Pilotes vaciados in situ
16	Cra 14 No 29-53	San Nicolás	115	Muro de contención en mampostería estructural
17	La Laguna	Palermo	2095	Trincho en guadua
18	Cra 24 La Florida	Boston	1097	Trincho en guadua, Muro de contención en gaviones
19	Puesto de salud	Boston	1337	Trincho en guadua, Muro de contención en concreto ciclopeo
20	Cl 11 No 4-24	Alcázares	400	Muro de contención en concreto reforzado
21	Cra 34 Qda Letras	Libertadores	1200	Trincho en guadua, Muro de contención en gaviones, Pilotes v
22	Cra 11 Cl 69	La libertad	270	Excavación en tierra. Lleno compactado. Conformación talud
23	Casas 629 a 656, antigua banca del ferrocarril	El Rosal	500	Muro de contención en concreto reforzado
24	Parque del Cafú y Rosal	El Rosal	750	Muro de contención en concreto ciclopeo
25	Piscina niños	Parque del Cafú	400	Rocería y limpieza. Captación de aguas superficiales
26	Cancha multiple	Laureles II	315	Rocería y limpieza. Conformación talud. Cobertura vegetal, ca
27	Mz N	El Cardal	800	Rocería y limpieza. Captación de aguas infiltradas
28	Cra 22 No 73-06	San Fernando	493	Muro de contención en concreto reforzado, Muro de contenci
29	Mz 8 Cs 22	Panorama I	2909	Trincho en guadua

Fuente Forec (fondo para la reconstrucción del eje cafetero).

Figura 33. Obras de mitigación

OBRAS	BARRIO	UBICACION	DESCRIPCIO	ENTIDADCON
1	Brisas del Consota	Orilla Norte rio Consota	Construcción de Gaviones	Vida y Futuro
36	Cuba	Cra 25 Cl 72 y 72Bis	Muro Anclado	
28	Buenos Aires	Cra 11 Cl 35 y 36	Reconfiguración Talud	
8	Caminos de Maraya	Qda La Dulcera	Construcción Muro	
3	Panorama I	Mz 1, 3 y 5	Muro Estructural	
9	La Unidad	Mz C	Estabilización Talud	
26	Santa Fe		Estabilización de Talud	
13	Comfamiliar Cuba	Contiguo Mz 30	Estabilización Talud	
39	Poblado I	Margen Izquierda Rio Consota	Construcción Muro en Gaviones	
33	Perla del Sur	Mz 5 y 7	Estabilización de Talud	
15	Libre La Playa	Colpapel orilla rio Otun	Construcción Obras de Protección	
17	Kennedy	Coats Cadena Orilla rio Otun	Rehabilitación y construcción de obras d	
20	Churnia Travesuras	Cra 17 Cl 16	Estabilización de Talud	

Fuente municipio-fundación vida y futuro

Posterior al suministro de la información base se seleccionaron las obras a visitar, mediante criterios de localización, acceso y seguridad que permitieran el desarrollo investigativo sin ningún tipo de contratiempo o dificultad. El inventario lo constituyen los siguientes sitios:

1. Obras seleccionadas

Cuadro 16. Listado de obras

Nº	Barrio	Localización	Tipode obra
1	Libertadores	Qda Letras Fase I Cll 80B	Muro en Gaviones
2	Poblado I	Margen Izquierda Rio Consota	Construccion Muro en Gaviones
3	Brisas del Consota	Orilla Norte rio Consota mz 1 casas 10-11-12	Construccion Muro en Gaviones
4	Libertadores	Cra 34 Qda Letras	Trincho en guadua, Muro de contencion en gaviones, Pilotes vaciados in situ
5	Boston	Cra 24 La Florida	Trincho en guadua, Muro de contencion en gaviones
6	Barajas	Mz 3 Cs 1-5	Muro de contencion en gaviones, Pilotes vaciados in situ
7	San Fernando	Cra 22 Cl 72 a 75	Trincho en guadua, Muro de contencion en gaviones, Muro de contencion en concreto ciclopeo
8	Matecaña	Cll 79-86 Cra 11	Reconfiguracion Geometrica
9	El Rosal	Talud Este sector callejon banca ferrocarril	Reconfiguracion Geometrica
10	Monserate	Mz 19-23	Reconfiguracion Geometrica
11	Catalan	Detras Motel Cabanas Otun	Corformacion talud
12	San Fernando	Mz 18	Corformacion talud
13	Deogracias Cardona	Costado Norte Av Las Americas tramo inicial	Corformacion talud
14	San Nicolas	Cra 14 No.28-07 Qda La Arenosa	Corformacion talud
15	La Dulcera	Cs 28	Corformacion talud
16	San Nicolas	Cra 16 Cl 28	Corformacion talud
17	Boston	Cl 18 No.23-86	Corformacion talud
18	El Futuro	Frente a Manzana 7	Corformacion talud
19	Restrepo	Casas 27/30, 66/73 y 90, tramo norte y sur	Corformacion talud
20	Buenos Aires	Cra 11 Cll 35 y 36	Reconfiguracion Talud
21	La Unidad	Mz C	Estabilizacion Talud
22	sanfernando	mz 19 casa nº 1 al 10	Estabilizacion Talud
23	Perla del Sur	Mz 5 y 7	Estabilizacion de Talud

Fuente Co-investigadores

Cuadro 17. (Continuación)

24	La Independencia	Cll 66 Cra 29	Muro en concreto reforzado
25	Olimpico II	Sector administracion	Muro en concreto reforzado
26	Byron Gaviria-El Prado	Interseccion Cll 38	Muro en concreto reforzado
27	Cuba	Cll 75 Cra 24C Qda El Oso	Muro en concreto reforzado
28	San Nicolas	Cll 31 ladera Qda La Arenosa	Muro en concreto reforzado
29	El Triunfo	Cll 45 Cra 2 Cs 45-63	Muro en concreto reforzado
30	20 de Julio	Sector Posterior estacion de servicio	Muro en concreto reforzado
31	San Nicolas	Cll 27-28B Cra 14B	Muro en concreto reforzado
32	Catalan	Av. 30 de agosto No.87-196	Muro en concreto reforzado
33	Leningrado III	Mz 37	Muro en concreto reforzado
34	Altos del otun	Mz 1 y 2	Muro en concreto reforzado
35	Canceles	Casa de Hernando Hernandez	Muro en concreto reforzado
36	Alcazares	Cl 11 No.4-24	Muro en concreto reforzado
37	El Rosal	Casas 629 a 656, antigua banca del ferrocarril	Muro en concreto reforzado
38	Las Gaviotas	Cra 20 Cl 21C	Muro en concreto reforzado
39	Palermo	Calle 23 entre carreras 20 y 21	Pavimento rigido o flexible, Muro de contencion en concreto reforzado
40	Campoalegre	Ladera Oriental Mz 15	Muro en Mamposteria
41	Belmonte Bajo	Sector 6 CS 56-57-58-59-60-61	Muro en Mamposteria Estructural
42	Los Nogales	Clle 66A Cra 36	Muro en Mamposteria Estructural
43	Catalan	av.30 de agosto nº 87-190	Muro en Mamposteria Estructural
44	Campoalegre	Ladera Oriental MZ 15	Muro en Mamposteria Estructural
45	El Plumon	Clle 69 Cra 14, sector posterior	Muro en Mamposteria Estructural
46	San Nicolas	Cra 14 No.29-53	Muro de contencion en mamposteria estructural
47	San Fernando	Cra 22 No.73-06	Muro de contencion en concreto reforzado, Muro de contencion en mamposterYa estructural

Fuente Co-investigadores

Cuadro 18. (Continuación)

48	Panorama I	Mz 1, 3 y 5	Muro Estructural
47	Cuba	Cra 25 CII 72 y 72Bis	Muro Anclado
49	Byron Gaviria-El Prado	INTERSECCION CLL 38	MIRO EN CONCRETO REFORZADO
50	San Nicolas	CII 35 Cra 14 Qda La Arenosa	CONSTRUCCION PILOTES
51	San Nicolas	CII 30 y 32 Cra 14B Qda La Dulcera	CONSTRUCCION PILOTES
52	Ciudad Jardin Central	Entre sectores D4-C	CONSTRUCCION PILOTES
53	San Nicolas	CII 28-29 Cra 14 Qda La Arenosa	CONSTRUCCION PILOTES
54	San Fernando	Mz 5	CONSTRUCCION PILOTES
55	Ciudad Jardin Central	cII 17 bis 28-162	CONSTRUCCION PILOTES
56	Villa Ligia	Mz A-B-C Qda Letras	CONSTRUCCION PILOTES
57	Los Nogales	Mz 4 y 5 entrada por Avda las americas a Panorama II	CONSTRUCCION PILOTES
58	La Divisa	Mz 4	TRINCHOS
59	Palermo	La Laguna	Trincho en guadua
60	Panorama I	Mz 8 Cs 22	Trincho en guadua
61	CUBA EL OSO	Trans 74 CI 26B	Trincho en guadua
62	Campoalegre	Calle 78 entre cras 30 y 32 cost orien. banca del fcc	Trincho en guadua
63	Las Mercedes	Frente a Manzana 13	Trincho en guadua
64	Las Mercedes	Frente a Manzana 13	MURO DE CONTENCIÓN
65	EL PRADO	CLL 37 A 2 BIS	MURO DE CONTENCIÓN

Fuente Co-investigadores

2. Una vez realizadas las visitas técnicas a cada uno de los sitios seleccionados se obtuvo el siguiente consolidado de información, discriminados por tipo de obra:

Cuadro 19. Número de gaviones

Gaviones			Comuna	Cantidad
Libertadores	Qda Letras Fase I Cr 34 Cll 80B	Muro en Gaviones	Comuna el oso	8
Poblado I	Margen Izquierda Rio Consota mz 1 cs 12-30-31 hasta la cancha	Muro en Gaviones	Comuna poblado I	
Brisas del Consota	Orilla Norte rio Consota mz 1	Muro en Gaviones	Comuna cuba	
Barajas	frente a la via principal que lleva al poblado II	Muro en gaviones	comuna el poblado	
San Fernando	Cra 22 Cl 72 a 75	Muro en gaviones	comuna Cuba	
La Unidad	Mz C	Muro en gaviones	comuna Boston	
Cuba	cII 75 cr 24c-Qda el oso	Muro en gaviones	Comuna cuba	
La florida - boston	cr 24	Muro en gaviones	Comuna Boston	

Fuente Co-investigadores

Cuadro 20. Número de pilotes

Pilotes			Comuna	Cantidad
San Fernando	Mz 5	Construcción pilotes	Comuna Cuba	4
Ciudad Jardin Central	Cll 17 Bis # 28-162	Construcción pilotes	Comuna Universidad	
Villa Ligia	Mz A-B-C Qda Letras	Construcción pilotes	Comuna el Oso	
Los Nogales	Mz 4 y 5 entrada por Avda las americas a Panorama II	Construcción pilotes	Comuna Consota	

Fuente Co-investigadores.

Cuadro 21. Número de muros en mampostería estructural

Muro en mampostería estructural			Comuna	Cantidad
La Unidad	Mz C	Muro mamposteria estructural	Comuna Boston	6
Belmonte Bajo	Sector 6 CS 56-57-58-59-60-61	Muro mamposteria estructural	Comuna olimpica	
Los Nogales	Clle 66A Cra 36	Muro mamposteria estructural	Comuna consota	
Catalan (la villa)	Av30 de agosto #87-190	Muro mamposteria estructural	Comuna olimpica	
Altos del otún	Mz 1 y 2	Muro mamposteria estructural	Comuna oriente	
Panorama I	mz 1-2-3	Muro mamposteria estructural	Comuna Consota	

Fuente Co-investigadores

Cuadro 22. Número de obras en perfilado

Perfilado			Comuna	Cantidad
Matecaña	Cll 79-86 Cra 11	Perfilado	Comuna Ferrocarril	12
El Rosal	Talud Este sector callejon banca ferrocarril	Perfilado	Comuna Consota	
Monserate	Mz 19-23	Perfilado	Comuna Villa Santana	
San Fernando	Mz 18	Perfilado	Comuna Cuba	
Deogracias Cardona	Costado Norte Av Las Americas tramo inicial frente a la cancha	Perfilado	Comuna San Nicolas	
La Dulcera	Cs 28	Perfilado	Comuna San Nicolas	
San Nicolas	Cra 16 Cl 28	Perfilado	Comuna San Nicolas	
Boston	Cl 18 No.23-86	Perfilado	Comuna Boston	
El Futuro	Frente a Manzana 7	Perfilado	Comuna consota	
Buenos Aires	Cra 11 Cll 35 y 36	Perfilado	Comuna Centro	
san fernando	mz 19 casa nº 1 al 10	Perfilado	Comuna Cuba	
La Unidad	Mz c	Perfilado	Comuna Cuba	

Fuente Co-investigadores

Cuadro 23. Número de muros en concreto reforzado

Muro en concreto reforzado			Comuna	Cantidad
La Independencia	Cll 66 Cra 29	Muro en concreto reforzado	Comuna Cuba	23
Olimpico II	Sector administracion	Muro en concreto reforzado	Comuna Olimpica	
Byron Gaviria-El Prado	Interseccion Cll 38	Muro en concreto reforzado	Comuna Rio otun	
San Nicolas	Cll 30-31Cr 14 ladera Qda La Arenosa	Muro en concreto reforzado	Comuna San Nicolas	
El Triunfo	Cll 45 Cra 2 Cs 45-63	Muro en concreto reforzado	Comuna Rio Otún	
20 de Julio	Sector Posterior estacion de servicio	Muro en concreto reforzado	Comuna oriente	
San Nicolas (los molinos)	Cll 22-25 Cra 14B	Muro en concreto reforzado	Comuna san Nicolas	
Catalan	Av. 30 de agosto No.87-196	Muro en concreto reforzado	Comuna Olimpica	
Leningrado III	Mz 37 Cs 458	Muro en concreto reforzado	Comuna San Juaguin	
Alcazares	Cl 11 No.4-24	Muro en concreto reforzado	Comuna Centro	
El Rosal	casa 650(632B)	Muro en concreto reforzado	Comuna Consota	
Las Gaviotas	Cr 29 cll 21c	Muro en concreto reforzado	Comuna Boston	
Palermo	Calle 23 entre carreras 20 y 21	Muro en concreto reforzado	Comuna Boston	
San Fernando	Cra 22 No.73-06	Muro en concreto reforzado	Comuna Cuba	
Las mercedes	frente a manzana 13	muro en concreto reforzado	Comuna consota	
Cuba	Cra 25 Cll 72 y 72Bis	muro en concreto reforzado	Comuna Cuba	
EL prado	CLL 37 A CR 2BIS	Muro en concreto reforzado	Comuna Rio otún	
Altos del otún	Mz 1 y 2	Muro en concreto reforzado	Comuna oriente	
San Nicolas (villa mari)	Cll 35 Cra 14 Qda La Arenosa	Muro en concreto reforzado	Comuna San Nicolas	
Canceles	Casa de Hernando Hernandez	Muro en concreto reforzado	vereda cancels	
El plumón	Cll 69-Cr 14 Cs31	Muro en concreto reforzado	Comuna ferrocarril	
Ciudad jardin - Central	Cll 17 Bis # 28-162	Muro en concreto reforzado	Comuna universidad	
San fernando	Cr 22 Cll 72a 75	Muro en concreto reforzado	Comuna Cuba	

Fuente Co- investigadores

Cuadro 24. Número de trinchos

Trinchos en guadua			Comuna	Cantidad
San Fernando	Cra 22 Cl 72 a 75	Trincho en guadua	Comuna cuba	2
Villa mari	cll 35 Cr 14-15	Trincho en guadua	Comuna San Nicolas	

Fuente Co-investigadores

Cuadro 25. Número de obras no encontradas

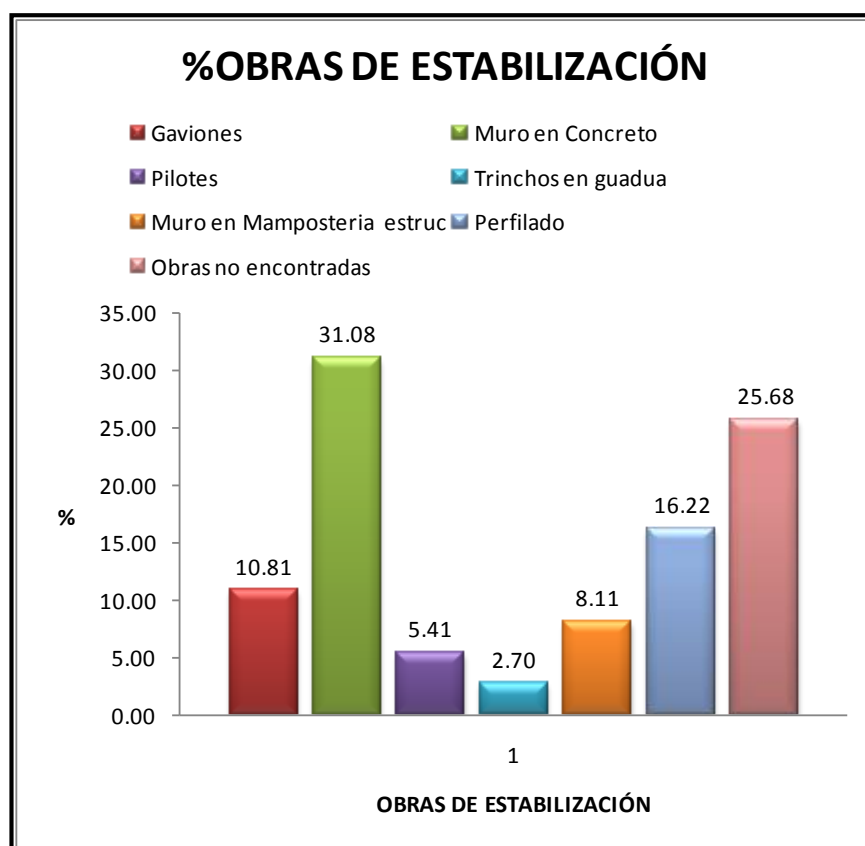
Obras de estabilizacion no encontradas			Comuna	Cantidad
Catalan	Detras Motel Cabañas Otun	Conformacion talud	comuna Olimpica	19
San Nicolas	Cra 14 No.28-07 Qda La Arenosa	Conformacion talud	Comuna San nicolas	
Restrepo	Casas 27/30, 66/73 y 90, tramo norte y sur	Conformacion talud	Comuna Consota	
San Nicolas	Cra 14 No.29-53	Muro en mamposteria	Comuna San nicolas	
San Nicolas	Cll 28-29 Cra 14 Qda La Arenosa	Pilotes	Comuna San nicolas	
Campoalegre	Ladera Oriental MZ 15	Muro en mamposteria	Comuna San Juakin	
Campoalegre	Calle 78 entre cras 30 y 32 cost orien. banca del ffcc	Trincho en guadua	Comuna San Juakin	
Perla del Sur	Mz 5 y 7	Perfilado	Comuna San Juakin	
Barajas	Mz 3 Cs 1-5	Pilotes	Comuna el poblado	
Libertadores	Cra 34 Qda Letras	Pilotes	Comuna el oso	
San Nicolas	Cll 35 Cra 14 Qda La Arenosa	Pilotes	Comuna San nicolas	
San Nicolas	Cll 30 y 32 Cra 14B Qda La Dulcera	Pilotes	Comuna San nicolas	
Panorama I	Mz 8 Cs 22	Trincho en guadua	Comuna Consota	
La Divisa	Mz 4	Trincho en guadua	Comuna Consota	
Palermo	La Laguna	Trincho en guadua	Comuna Boston	
Cuba el oso	Trans 74 Cl 26B	Trincho en guadua	Comuna Cuba	
Campoalegre	Calle 78 entre cras 30 y 32 cost orien. banca del ffcc	Trincho en guadua	Comuna San Juakin	
Las Mercedes	Frente a Manzana 13	Trincho en guadua	Comuna consota	
Boston	Cra 24 La Florida	Trincho en guadua	Comuna Boston	

Fuente Co-investigadores

La información obtenida en campo fue procesada y tabulada, con el propósito de definir en primera instancia la cantidad y tipología de obras ejecutadas, con sus correspondientes valores porcentuales, así:

Estas obras están repartidas en todo el municipio de Pereira, en 14 comunas de las 19 que tiene el municipio.

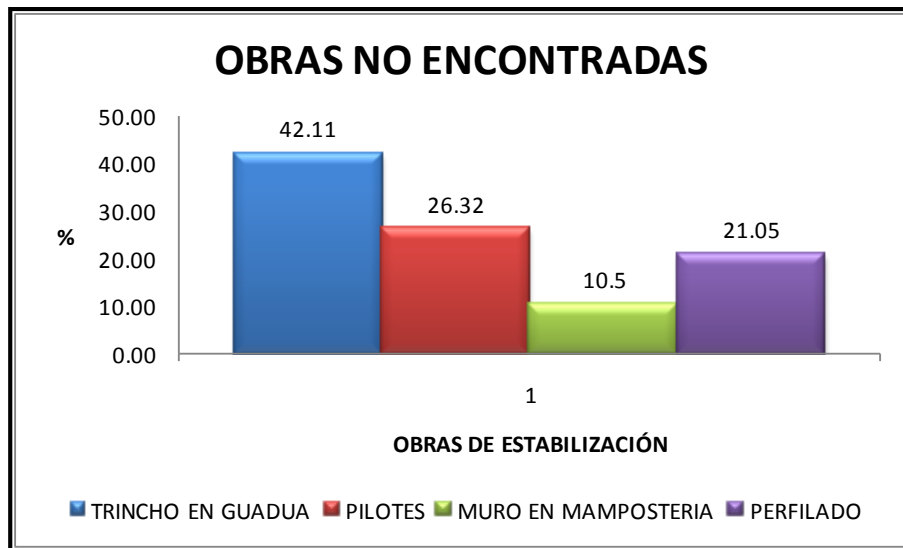
Gráfica 1. Porcentajes máximos y mínimos de obras de mitigación



Fuente Co-investigadores

Durante el recorrido por cada una de los lugares seleccionados se presentaron casos en los que no se encontraron determinadas obras que según el registro que se manejaba deberían estar allí. Al momento de corroborar la información con la comunidad del sector muchos aducían desconocer la existencia de estas obras o el lugar exacto de la misma.

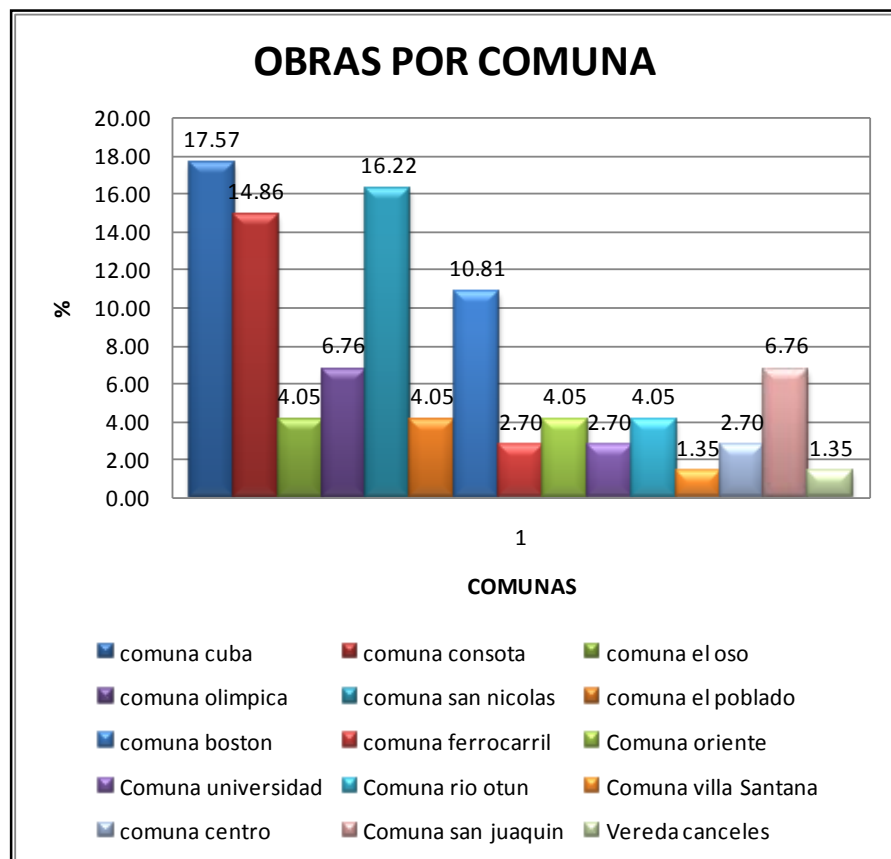
Gráfica 2. Obras de mitigación no localizadas



Fuente Co-investigadores

La siguiente grafica corresponde a la comparación entre comunas por las presencia de las diferentes obras de mitigación expresadas así:

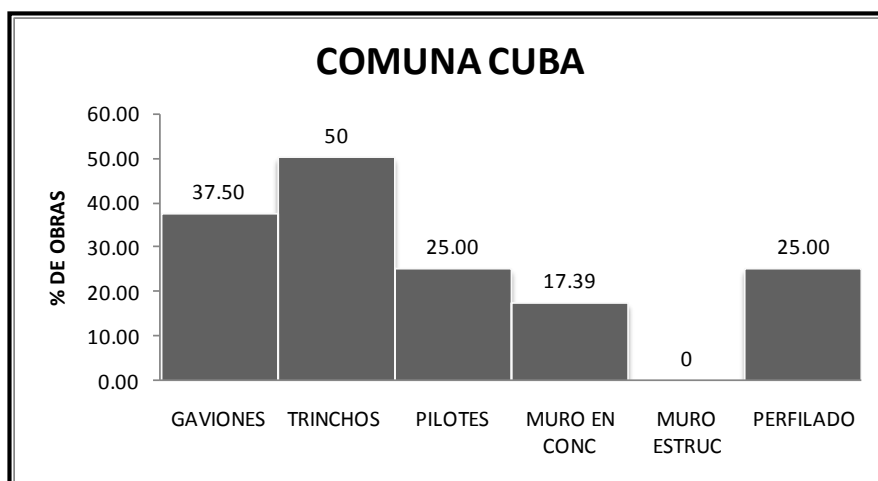
Gráfica 3. % De obras de mitigación en cada una de las comunas del municipio de Pereira



Fuente Co-investigadores

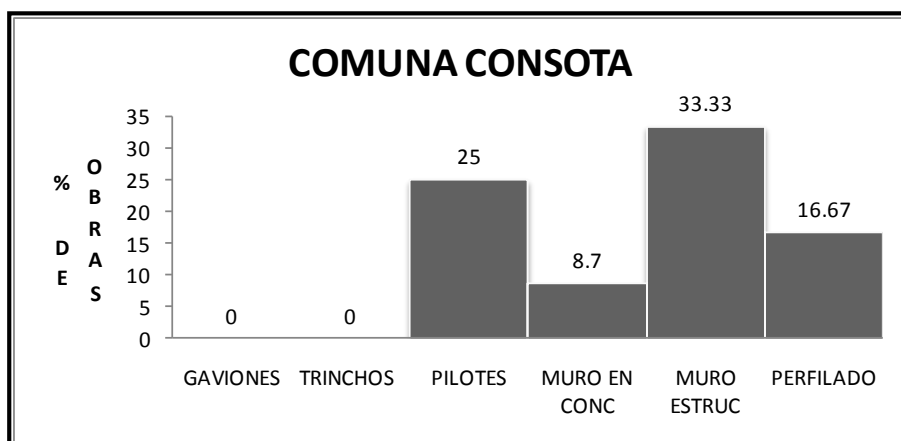
A continuación se mostrara cada uno de los porcentajes de obras por cada una de las comunas en las cuales se desarrollo esta investigación.

Gráfica 4. De obras de mitigación ubicadas en la comuna cuba.



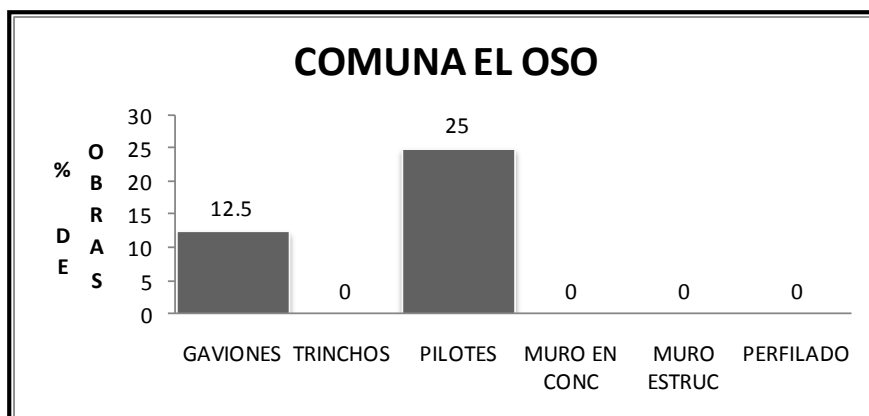
Fuente Co-investigadores

Gráfica 5. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna Consota



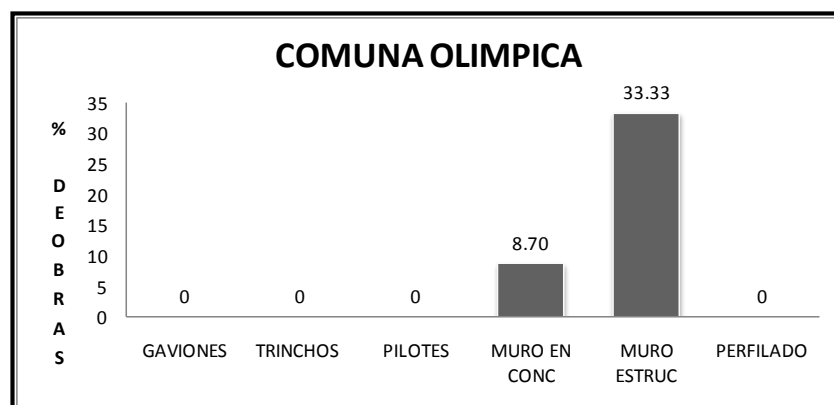
Fuente Co-investigadores

Gráfica 6. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna el oso



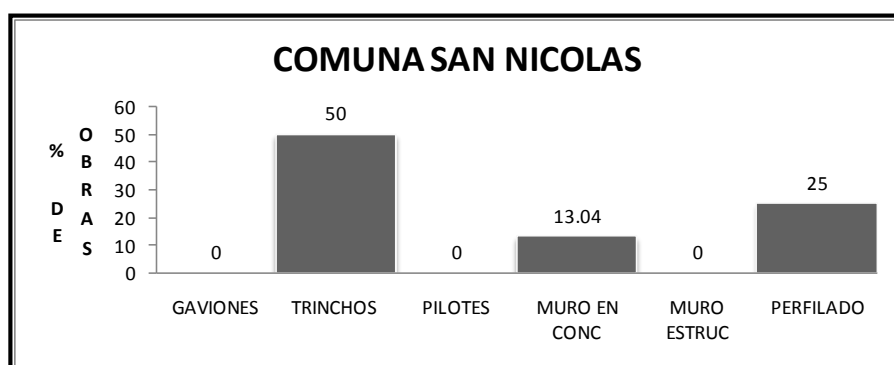
Fuente Co-investigadores

Gráfica 7. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna olímpica



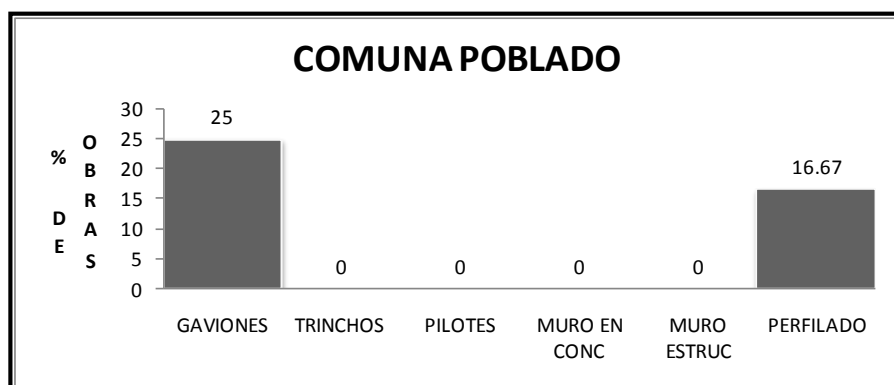
Fuente Co-investigadores

Gráfica 8. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna san Nicolás



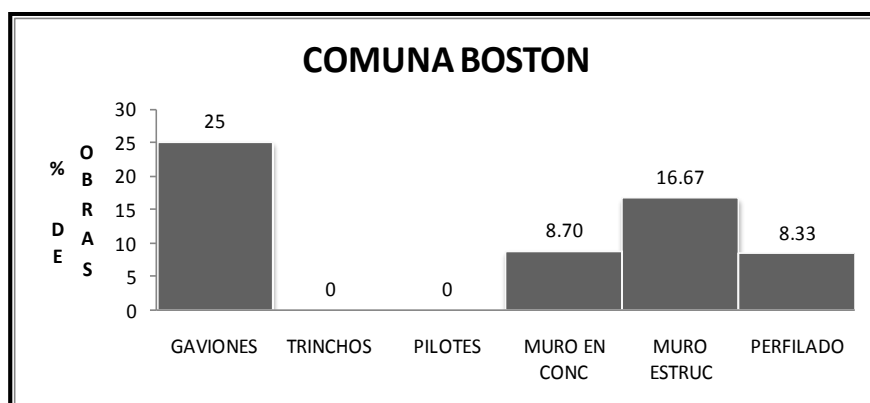
Fuente Co-investigadores

Gráfica 9. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna poblado



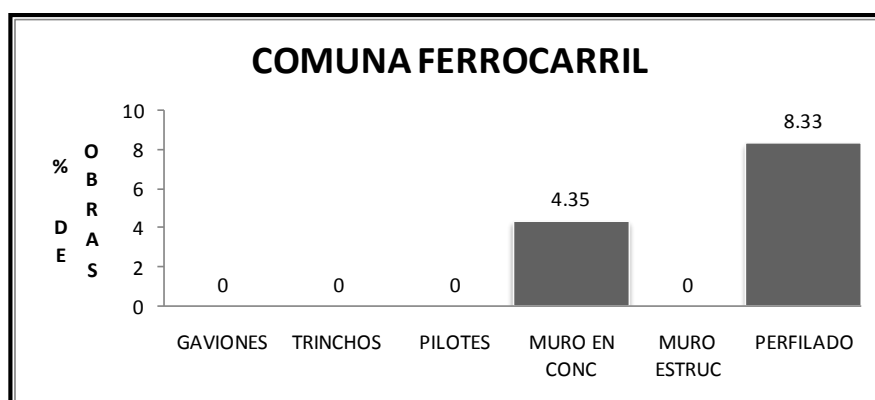
Fuente Co-investigadores

Gráfica 10. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna bostón



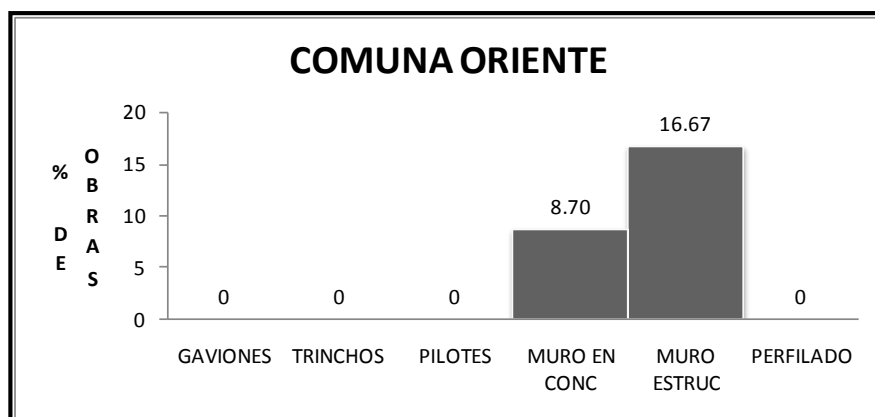
Fuente Co-investigadores

Gráfica 11. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna ferrocarril



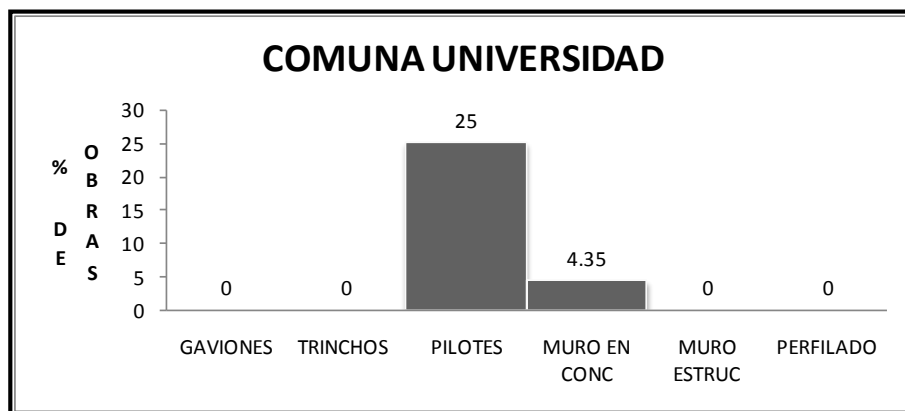
Fuente Co-investigadores

Gráfica 12. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna oriente



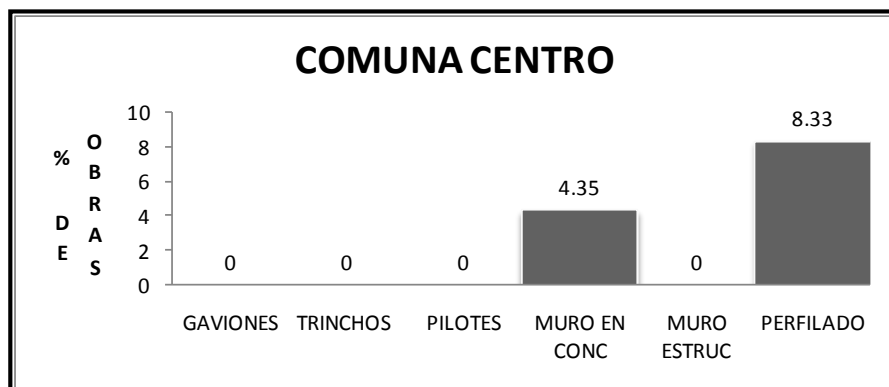
Fuente Co-investigadores

Gráfica 13. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna universidad



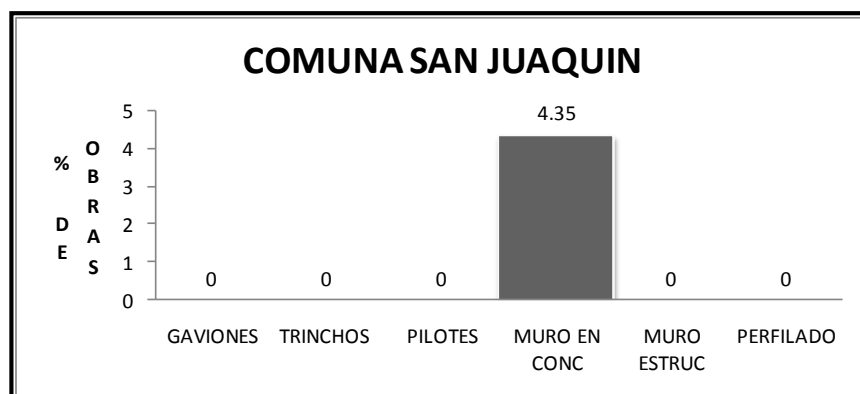
Fuente Co-investigadores

Gráfica 14. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna centro



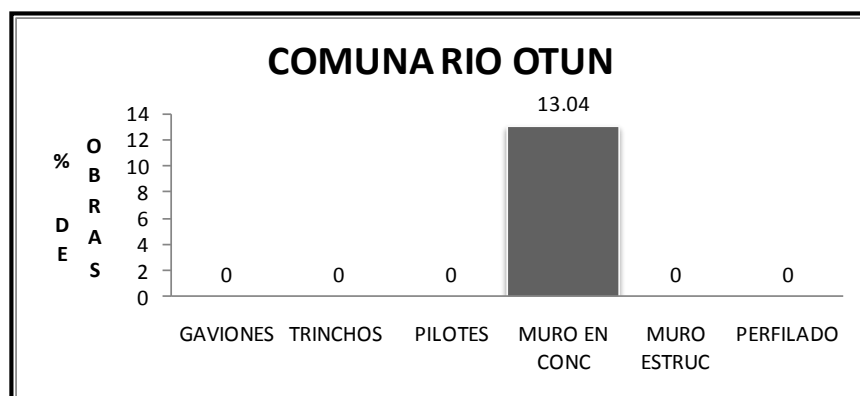
Fuente Co-investigadores

Gráfica 15. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna san juakin



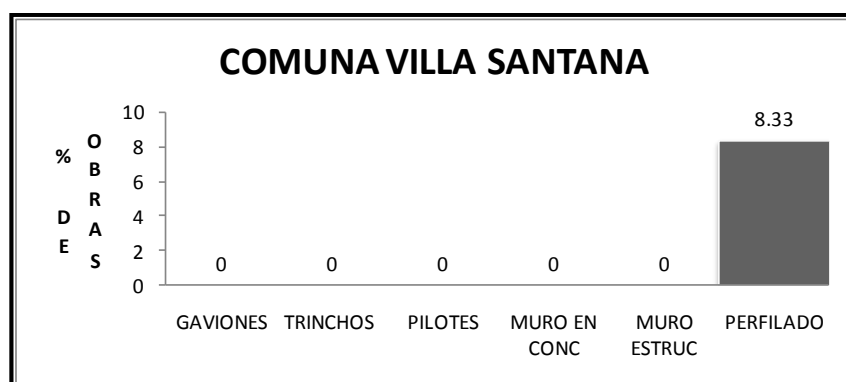
Fuente Co-investigadores

Gráfica 16. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna universidad



Fuente Co-investigadores

Gráfica 17. % De obras de mitigación ubicadas en la comuna villa santana



Fuente Co-investigadores

9.2 DEFINICIÓN DE LA FUNCIONALIDAD, ESTADO Y VIDA ÚTIL DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y/O ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EJECUTADAS EN EL PERÍMETRO URBANO DEL MUNICIPIO DE PEREIRA, SEGÚN ESTÁNDARES INGENIERILES Y REGLAMENTACIÓN VIGENTE

Una vez caracterizadas cada una de las obras seleccionadas a partir de la visita e inspección de campo, se procedió a evaluar acorde con los registros de campo, registro fotográfico y evaluación in situ, el estado de las medidas ejecutadas, su funcionalidad y otras características a saber:

- **MAL ESTADO DE OBRAS EXISTENTES.**

Se agrupan, dentro de esta definición, las obras tendientes a recuperar y mejorar los tratamientos de estabilidad ya construidos referidos especialmente a obras muy antiguas, las cuales por efecto del desgaste normal de los materiales, la ausencia de un mantenimiento periódico, la reactivación de procesos denudativos y/o la ocurrencia de nuevos fenómenos, han sufrido un deterioro y un daño considerables, que pueden conducir a la ocurrencia de eventos catastróficos similares a los que motivaron la construcción del tratamiento inicial.

- **SOSTENIBILIDAD DE LAS OBRAS**

Un gran porcentaje de los deslizamientos ocurridos en la ciudad, se generan por causas en las cuales la intervención humana ha sido un factor decisivo. Dentro de las causas indicadas, se tienen: la construcción ilegal y anti técnica de viviendas en zonas de alto riesgo; el arrojo indiscriminado de basuras, escombros y residuos de movimientos de tierra sobre laderas inclinadas y con problemas geotécnicos; la ausencia de obras adecuadas para la captación, conducción y entrega de las aguas lluvias (viviendas sin canales y bajantes, patios y solares sin impermeabilizar); la realización de excavaciones en la base de los taludes, removiendo su base; la colocación de sobrecargas y viviendas muy pesadas en laderas inestables; la implantación de cultivos limpios en zonas de fuerte pendiente; los daños en las redes internas del alcantarillado de las viviendas, muy antiguas y en avanzado estado de deterioro; entre otras.

Para el registro de información de campo se proponen los formatos presentados en la figura 34 y 35, se presenta la primera página del formato, la cual tiene 4 secciones que serán descritas a continuación:

En la sección 1 se recopilan los datos generales: dentro de estos se encuentra la fecha de la inspección de la obra, el nombre del Evaluador.

En la sección 2 se registra el nombre del sector, las coordenadas del lugar tomadas con GPS, el nombre de la entidad bajo la cual se ejecuto la obra, el número y año del respectivo contrato, el valor de dicho contrato.

En la sección 3 se deberá indicar el tipo de obra (en que materiales), llenar el formato marcando con una “x” el entorno del talud o ladera, la presencia de obras para el manejo de agua superficial y realizar una descripción de la obra de mitigación como soporte a lo anterior, adicionalmente se indicara la presencia de agua en el sitio.

En la sección 4 se identificara el tipo de obra y en cada una hay dos columnas de información la primera corresponde a la obtención de información geométrica de la obra y en la columna del frente correspondería a los daños



típicos para cada una de las obras, estos daños pueden ser complementados con otros observados en el lugar.

De igual forma en el reverso del formato se continúa con otras obras de mitigación, posterior a esto están los factores que condicionan la estabilidad de la obra allí se marcaran con una “x” el factor o los factores que se identifiquen potencialmente como detonantes de inestabilidad de la obra.

En la sección 5 se encuentra el espacio para esquematizar la geometría de la obra, y la fotografía correspondiente.

En la sección 6 se previó un espacio para redactar algún tipo de comentario o recomendación que el evaluador considere necesaria en el momento de la visita.

Figura 34. Formato general de campo Primera pagina Secciones para diligenciamiento

	INVENTARIO, CARACTERIZACIÓN, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE CONTROL Y MANTENIMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES ADELANTADOS EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA, DURANTE LA DÉCADA 1999-2009. UNIVERSIDAD LIBRE PROGRAMA INGENIERIA CIVIL CO-INVESTIGADORES JOSE ALBEIRO VALLEJO Y CRISTIAN CAMILO QUINTERO.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 40%;"> FECHA DIA: <input type="text"/> MES: <input type="text"/> AÑO: <input type="text"/> </div> <div style="width: 40%; text-align: right;"> EVALUADOR: <input style="width: 100%;" type="text"/> </div> </div>		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 40%;"> DIRECCION: <input style="width: 100%;" type="text"/> BARRIO: <input style="width: 100%;" type="text"/> LOCALIZACION: <input style="width: 100%;" type="text"/> COORDENADAS: <input style="width: 100%;" type="text"/> ASNM: <input style="width: 100%;" type="text"/> ZONA SISMICA: <input style="width: 100%;" type="text"/> </div> <div style="width: 40%;"> ENTIDAD: <input style="width: 100%;" type="text"/> CONTRATANTE: <input style="width: 100%;" type="text"/> CONTRATO NO: <input style="width: 100%;" type="text"/> AÑO: <input style="width: 100%;" type="text"/> VALOR \$: <input style="width: 100%;" type="text"/> </div> </div>		
GENERALIDADES DEL TALUD		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> entorno del talud redes electricas <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO redes de alcantarillado <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO vias <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO </div> <div style="width: 45%;"> materiales concreto <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO madera <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO mamposteria <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Otro <input type="text"/> </div> </div>		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> obras de manejo de aguas superficiales zanja colectoras <input type="text"/> canal de rapidas con tapa <input type="text"/> canal liso <input type="text"/> camaras de inspeccion <input type="text"/> UN </div> <div style="width: 45%;"> canal escalonado <input type="text"/> canal de corona <input type="text"/> cuneta <input type="text"/> sumideros <input type="text"/> UN </div> </div>		
3		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 40%;"> AREA ESTABILIZADA: <input style="width: 100%;" type="text"/> </div> <div style="width: 40%;"> VIVIENDAS BENEFICIADAS NO: <input style="width: 100%;" type="text"/> </div> </div>		
PRESENCIA DE AGUA		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> CHORROS <input type="checkbox"/> Z.HUMEDA <input type="checkbox"/> </div> <div style="width: 45%;"> EMPOZAMIENTOS <input type="checkbox"/> MANANTIALES <input type="checkbox"/> </div> <div style="width: 45%;"> Z.DE INFILTRACION <input type="checkbox"/> SECO <input type="checkbox"/> </div> </div>		
4		
OBRAS DE CONTENCION		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> MUROS ANCLADOS UNIDAD <input type="text"/> ANCHO <input type="text"/> M LARGO <input type="text"/> M ALTURA <input type="text"/> M AREA <input type="text"/> M2 ESPESOR <input type="text"/> M VOLUMEN <input type="text"/> M3 TIPO DE DAÑO PUNZONAMIENTO <input type="checkbox"/> PERDIDA DE PERNOS <input type="checkbox"/> FISUR. DE PLACA <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/> </div> <div style="width: 45%;"> TRINCHOS UNIDAD <input type="text"/> ANCHO <input type="text"/> M LARGO <input type="text"/> M ALTURA <input type="text"/> M AREA <input type="text"/> M2 ESPESOR <input type="text"/> M VOLUMEN <input type="text"/> M3 TIPO DE DAÑO GUADUAS FLOJAS <input type="checkbox"/> GUADUAS EN MAL EST. <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/> </div> </div>		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> GAVIONES UNIDAD <input type="text"/> ANCHO <input type="text"/> M LARGO <input type="text"/> M ALTURA <input type="text"/> M AREA <input type="text"/> M2 ESPESOR <input type="text"/> M VOLUMEN <input type="text"/> M3 TIPO DE DAÑO CORROSION <input type="checkbox"/> ROTURA DE MALLA <input type="checkbox"/> PER DE RECUBRIMIENTO <input type="checkbox"/> METEORIZACION <input type="checkbox"/> TAMAÑO INADECUADO <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/> </div> <div style="width: 45%;"> MURO EN CONCRETO UNIDAD <input type="text"/> ANCHO <input type="text"/> M LARGO <input type="text"/> M ALTURA <input type="text"/> M AREA <input type="text"/> M2 ESPESOR <input type="text"/> M VOLUMEN <input type="text"/> M3 TIPO DE DAÑO JUNTAS FRIAS <input type="checkbox"/> REFUERZO EXPUESTO <input type="checkbox"/> SEGREGACION <input type="checkbox"/> HORMIGUEROS <input type="checkbox"/> CONTA.DEL CONCRETO <input type="checkbox"/> EFLORECIENCIAS <input type="checkbox"/> </div> </div>		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> MURO ESTRUCTURAL UNIDAD <input type="text"/> ANCHO <input type="text"/> M LARGO <input type="text"/> M ALTURA <input type="text"/> M AREA <input type="text"/> M2 ESPESOR <input type="text"/> M VOLUMEN <input type="text"/> M3 TIPO DE DAÑO EXP. DEL REFUERZO <input type="checkbox"/> ASENTAMIENTO <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/> </div> <div style="width: 45%;"> PERFILADO UNIDAD <input type="text"/> ANCHO <input type="text"/> M LARGO <input type="text"/> M ALTURA <input type="text"/> M AREA <input type="text"/> M2 ESPESOR <input type="text"/> M VOLUMEN <input type="text"/> M3 TIPO DE DAÑO INEST. DEL TERRENO <input type="checkbox"/> OBST. DE BERMAS <input type="checkbox"/> FLUJOS <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/> </div> </div>		

Fuente Co-investigadores

[illegible]

En cuanto a las estructuras de contención este formato general de campo contiene una parte donde se debe consignar las dimensiones características de la estructura. Esta información debe ser complementada por el dibujo esquemático de la forma de la estructura y sus dimensiones.

Cabe destacar que para la inspección de estructuras de contención es importante tener un conocimiento previo de las tipologías constructivas, de las dimensiones y formas, con el fin de establecer cambios como giros y asentamientos.

- **En muro anclados.** Los aspectos a reportar son:
 - Punzonamiento: es la concentración de las cargas en el dado de anclaje y en una pequeña área alrededor de este. Se caracteriza por la aparición de fisuras en el dado y en su área circundante. En el reporte se debe consignar la abertura, profundidad la longitud de las fisuras y la profundidad de penetración del dado en la superficie; y en el esquema se debe ilustrar la distribución de estas dentro del dado y a su alrededor.
 - Perdida de pernos: esta situación se presenta en los prensa – cables que sostienen la tensión del anclaje. Se debe consignar la cantidad de pernos perdidos, respecto al total.
 - Fisuramiento de placa: un patrón de fisuras en la placa que sostiene al anclaje.

Muro en gaviones. Las estructuras de gaviones son diseñadas como muros de gravedad. Su integridad está relacionada con las características de los agregados, la malla y las deformaciones presentes. Debe anotarse en “generalidades del talud” el tipo (hexagonal de triple torsión, hexagonal de doble torsión, eslabonada simple o electrosoldada). (Manual para la inspección visual de obras de estabilización- ministerio de transporte instituto nacional de vías p. 28)

Aspectos a reportar son:

- Corrosión: las dimensiones de la corrosión se mide en área. En “Comentarios o observaciones” se anota si la corrosión es parcial o total, y el agente corrosivo que precipito el daño ejemplo:(humedad ambiental, fluidos corrosivos, etc.).

- **Perdida del recubrimiento:** en el caso en que los sean parcial o totalmente recubiertos, se debe anotar el tipo de recubrimiento y el área afectada por el desprendimiento.
- **Meteorización:** en el formato de campo se consignara una descripción cualitativa de la calidad del agregado, y su susceptibilidad a la erosión. Esto se nota por la presencia de polvillo de residuo o escamas en el agregado.
- **Tamaño inadecuado:** el tamaño mínimo del agregado debe ser, en todo caso, superior a la abertura de la malla. Tamaños similares o inferiores deben ser reportados en las observaciones.
- **Muros en concreto.** En el formato en el espacio correspondiente a este tipo de muros existe un espacio para el reporte de las afectaciones propias de estas estructuras, se observan las siguientes alternativas:
- **Juntas frías:** se generan por el vaciado de concreto en diferentes etapas y cuando no son tratadas correctamente, permites el ingreso de agua y de agentes nocivos para el concreto y para el acero de refuerzo, en caso de existir. El reporte de este daño se hace en metros lineales de la longitud afectada, especificando en lo posible si el acero de refuerzo se encuentra expuesto o puede estarciendo afectado por el daño; también debe señalarse dentro del esquema. Si existen varis juntas frías, debe hacerse el reporte de cada una por separado, señalando los aspectos mencionados. (Manual para la inspección visual de obras de estabilización - ministerio de transporte instituto nacional de vías pág. 30)
- **Refuerzo expuesto:** este deterioro se genera por la pérdida del recubrimiento de concreto del acero de refuerzo, el acero entonces queda expuesto al ambiente y se presentan problemas de corrosión. Su reporte debe realizarse en (m2) en el área de observaciones del formato de campo. (Manual para la inspección visual de obras de estabilización- ministerio de transporte instituto nacional de vías pág. 30)
- **Segregación:** este daño consiste en la distribución inadecuada de los componentes de la mezcla. Su reporte se debe realizar cuantificando el área afectada (m2) y mencionando, en lo posible, si el acero de refuerzo se encuentra expuesto o con corrosión derivada de este daño. Debe tomarse registro fotográfico de este daño.

- **Hormigueros:** se generan por varias causas entre las que se destacan la falta de vibrado, la practica inapropiada en la colocación del concreto en zonas con alta densidad de refuerzo y la dosificación inadecuada de mezclas de concreto. El reporte de los daños se debe realizar consignando el área afectada (m²) y se debe acompañar de registro fotográfico.
- **Eflorescencias:** son depósitos de sales en la superficie del concreto. Su reporte se realiza cuantificando el área afectada (m²) y apoyado con registro fotográfico. (Manual para la inspección visual de obras de estabilización- ministerio de transporte instituto nacional de vías pág. 30)
- **Contaminación del concreto:** consiste en la afectación del concreto principalmente por ataques químicos de sustancias producidas por la presencia de microorganismos o de vegetación en la superficie de las estructuras. Estos ataques pueden aumentar la permeabilidad del concreto, transformar los compuestos del cemento, generar cambios de color en el concreto. Los daños se reportan cuantificando el área (m²) afectada y debe acompañarse por el registro fotográfico de la problemática.

Muros en tierra reforzada. Estas estructuras funcionan como muros de gravedad, y la resistencia la corte está dada por la intercalación de capas de tierra compactadas y geotextil. Principalmente lo que se revisa de estas estructuras son las deformaciones y la condición del drenaje. (Tomado de Manual para la inspección visual de obras de estabilización- ministerio de transporte instituto nacional de vías pág. 31)

- **Paneles:** se debe verificar si están fracturados o desprendidos y registrar la cantidad de paneles afectados .todo esto acompañado del registro fotográfico.
- **Asentamientos:** el relleno puede tener inconvenientes de compresibilidad, en particular cuando hace parte de la banca. Cualquier tipo de asentamiento se manifiesta en la superficie. Se debe registrar la magnitud del asentamiento, en caso de tener un punto de referencia y el área donde se presenta acompañado del registro fotográfico y en observaciones anotar si hay posibilidad de evolución.
- **Exposición del refuerzo:** en caso que esté a la vista el geotextil, se debe anotar el área superficial afectada por este daño, acompañada por

el registro fotográfico. (tomado de Manual para la inspección visual de obras de estabilización- ministerio de transporte instituto nacional de vías pág. 31)

Para cualquier estructura de contención, se identificara el daño existente algunos comunes como:

- **Vegetación.** Las características de cobertura de talud en términos de vegetación son fundamentales para establecer patrones de erosión e infiltración que complementen el panorama general respecto a la ladera. En las generalidades del talud se anotara el porcentaje de cobertura vegetal del talud y algunas características cualitativas por ejemplo el color de la vegetación (verde claro, verde oscuro), el tipo de vegetación por ejemplo:(arbustos, arboles).
- **Drenajes.** Con el fin de establecer la posibilidad que tiene el talud de eliminar el agua subsuperficial, se construyen filtros, que entregan las aguas a alcantarillas o lloraderos. La única observación es respecto a su funcionamiento. Si no hay entrega de caudal, estando la humedad del talud se debe anotar
- **Asentamientos.** No son fáciles de establecer, a menos que haya un punto de referencia que permita obtener una medición de los mismos. Sin embargo los asentamientos diferenciales si son fáciles de observar, cuando se nota una inclinación de la superficie de la estructura de contención. La magnitud del asentamiento debe anotarse, y, si es diferencial, se debe registrar también la longitud en la que se presenta dicha diferencia.se debe también anotar cualquier factor adicional que permita establecer posibles causas del asentamiento, ya sea por material blando, diferencia en la humedad del suelo o roca a lo largo de la estructura.
- **Fracturación.** Corresponden al desprendimiento de fragmentos de la estructura de contención, producto del impacto de algún objeto con el muro, o de la unión de 2 o más grietas formando bloques individuales. Se debe anotar en la ficha de campo en la parte de observaciones la altura, la profundidad y la longitud, con el fin de establecer el volumen de muro que presenta fractura miento. Todo esto debe ir acompañado por su respectivo registro fotográfico. (Tomado de Manual para la inspección visual de obras de estabilización- ministerio de transporte instituto nacional de vías pág. 28)

- **Volcamientos.** Es importante definir el ángulo de la inclinación. Si no se tiene una brújula que permita hacerlo, se puede utilizar una plomada para establecer los catetos que forman el ángulo, o sea, la altura horizontal.
- **Socavación.** Se debe registrar la profundidad, el ancho y la longitud afectada. Si hay posibilidad de conocer el material de fundación, anotar en las observaciones el tipo de material, en particular respecto a la gradación aparente.

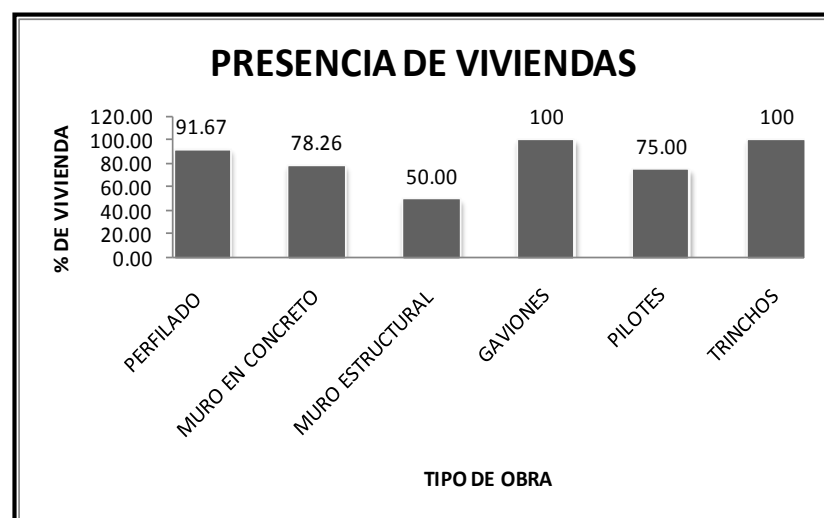
9.3 VARIABLES DE IMPORTANCIA

Para el desarrollo de la investigación se hace necesario definir las siguientes variables para una mayor comprensión del problema a estudiar.

Se exponen a continuación variables importantes que a nuestro juicio influyen en la vida de servicio de cada una de las obras de mitigación estudiadas, estas variables van desde la presencia de obras complementarias, características físicas hasta el propio entorno de las obras.

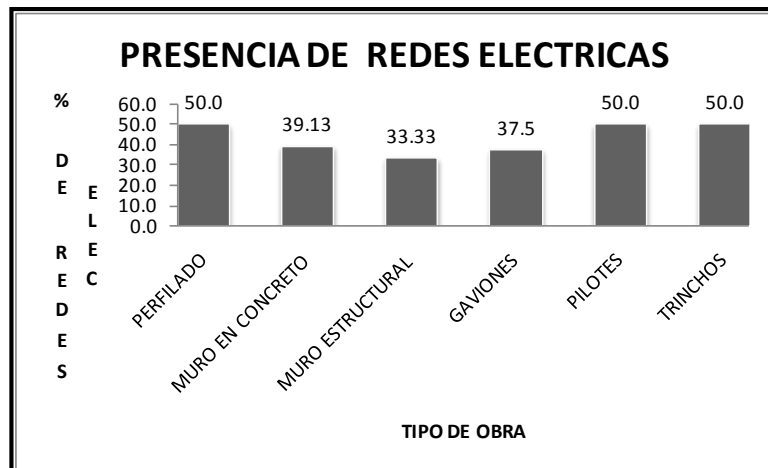
Generalidades del talud. Los detalles de la superficie del terreno son generalmente la clave para entender las causas y procesos de deslizamiento (si se presentan) ya que de ellos se deducen muchas de las causas de el posible colapso.

Gráfica 18. Representación gráfica del entorno de los taludes o laderas



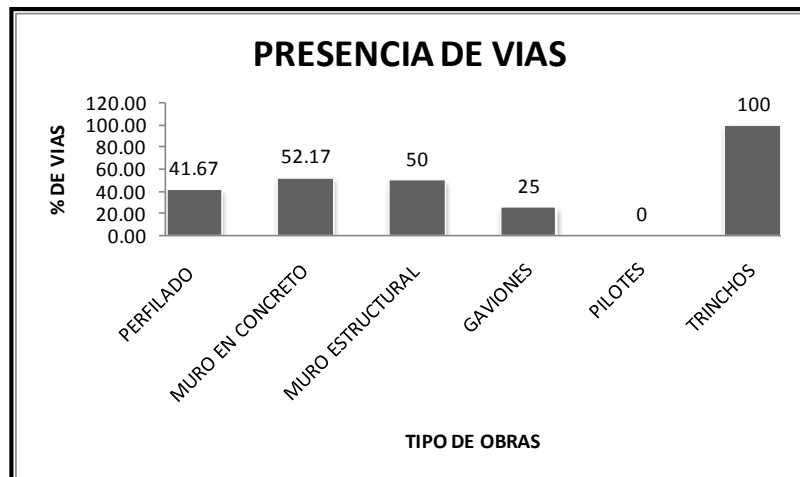
Fuente Co-investigadores

Gráfica 19. Representación gráfica del entorno de los taludes o laderas



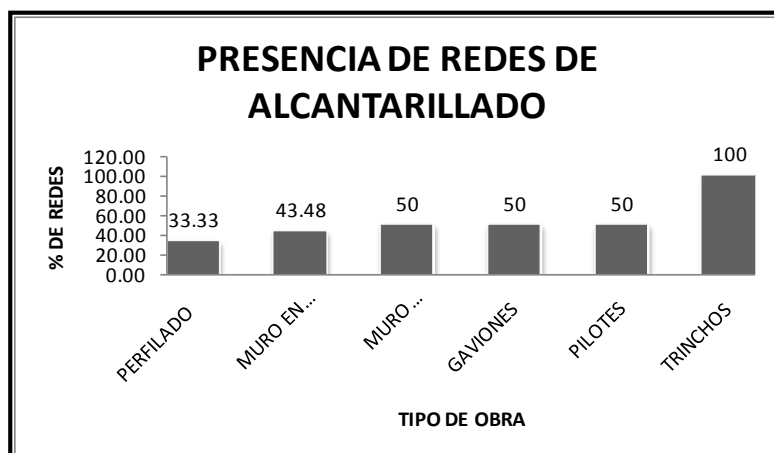
Fuente Co-investigadores

Gráfica 20. Representación gráfica del entorno de los taludes o laderas



Fuente Co-investigadores

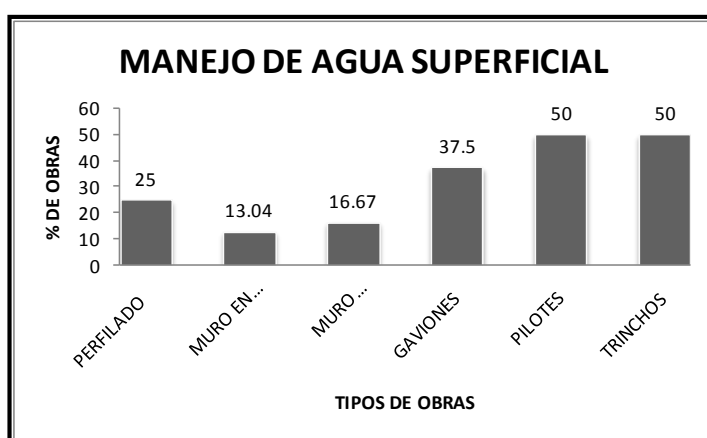
Gráfica 21. Representación gráfica del entorno de los taludes o laderas



Fuente Co-investigadores

Obras de manejo de agua superficial. Unas de las técnicas más efectivas para la estabilización de laderas y taludes es el control de las aguas superficiales y subterráneas. Su objetivo es controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen el movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes. El objetivo principal del drenaje superficial es mejorar la estabilidad del talud reduciendo la infiltración y evitando la erosión. El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía tanto del talud como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro, lejos del talud que se va a proteger.(tomado de (Control de la erosión en zonas tropicales. JAIME SUÁREZ DÍAZ Cap. 10 pág. 356).

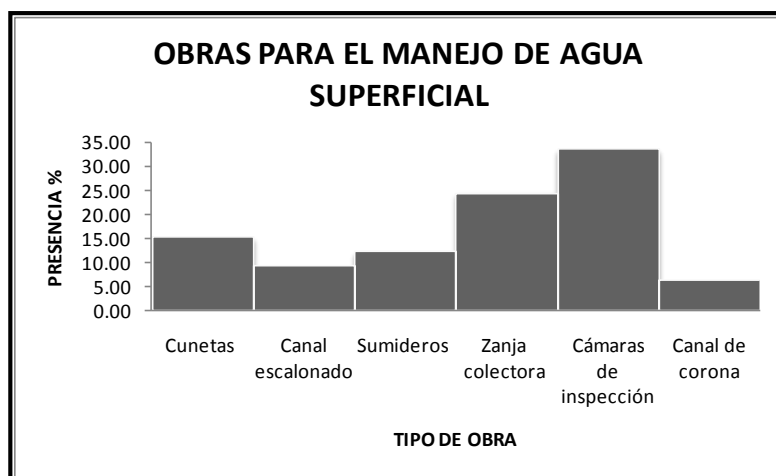
Gráfica 22. Representación gráfica del entorno de los taludes o laderas



Fuente Co-investigadores

Las obras a las que se hace referencia son por ejemplo zanja colectora, canal escalonado, canal de corona, cuneta, canal liso, sumideros, cámaras de inspección.

Gráfica 23. Representación gráfica del entorno de los taludes o laderas

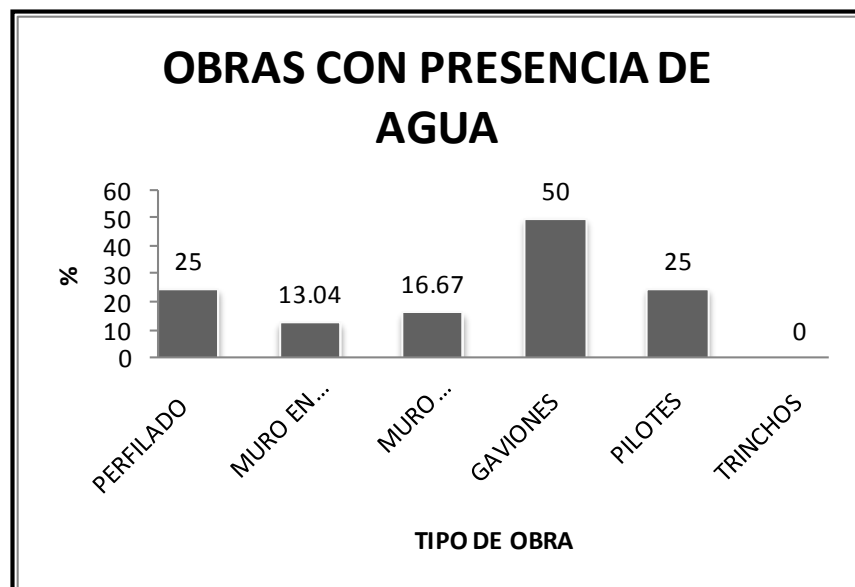


Fuente co-investigadores

- **Presencia de agua. (Chorros, empozamientos, z de infiltración, seco, z. húmeda, manantiales).** La mayoría de las fallas de los taludes están relacionadas de una u otra forma, con el agua. El agua juega un papel muy importante en la mayoría de los procesos que reducen la resistencia del suelo.

La infiltración y el movimiento del agua dentro del suelo del talud aumentan el contenido de la humedad, lo cual produce un aumento en el peso unitario del suelo. Como lo cita el concepto anterior el agua es el factor que más comúnmente es asociado con las fallas de los taludes, especialmente en zonas como la nuestra en donde los periodos de lluvia son frecuentes con lluvias de incremento moderado, fuertes y lluvias ligeras, por eso es importante tener en cuenta esta variable para la evaluación dentro de esta investigación debido a que la mayoría de los deslizamientos ocurren después de lluvias fuertes o durante los periodos lluviosos. Adicional a las infiltraciones de agua lluvia pueden existir otras fuentes de agua como son los cuerpos de agua (canales o lagunas) arriba del talud en los cuales puede ocurrir infiltración localizada. Otras de las consideraciones son porque Los cambios en el sistema hidrológico del talud pueden afectar el comportamiento del mismo. Si el régimen de agua del suelo es alterado drásticamente por irrigación, remoción de la vegetación o inundación parcial se puede producir la inestabilidad de los taludes.

Gráfica 24. Representación grafica de presencia de agua



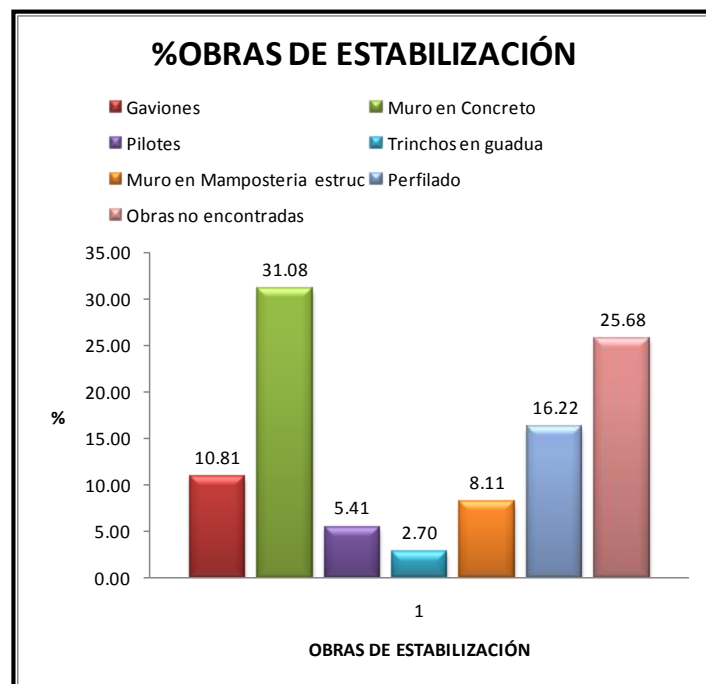
Fuente Co-investigadores

- **Obras de contención.** Las estructuras de contención de tierras tiene por objeto la colocación de fuerzas adicionales que resistan el movimiento. El objetivo es colocar fuerzas externas que aumenten las fuerzas resistentes, sin disminuir las actuantes.

Estas obras civiles son construidas con la finalidad de proveer estabilidad contra la rotura de macizos de tierra o roca. Son estructuras que proveen soporte a estos macizos y evitan el deslizamiento causado por su peso propio o por cargas externas.

Las estructuras de contención pueden ser masivas, en las cuales el peso de la estructura es un factor importante o pueden consistir en estructuras ancladas, en las cuales la fuerza se transmite al suelo profundo por medio de un cable o varilla de acero.

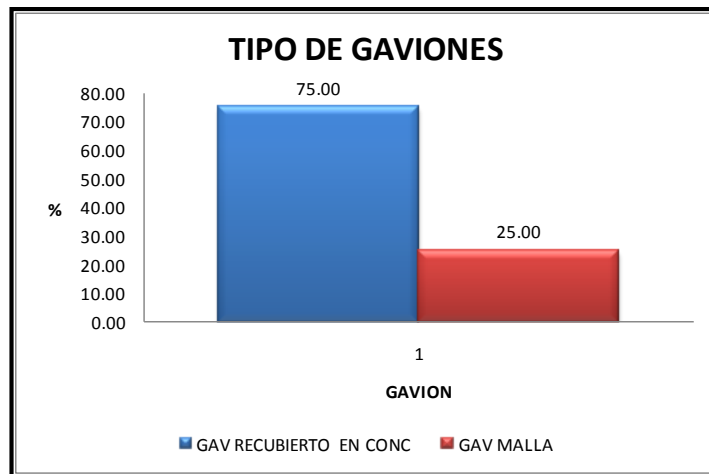
Gráfica 25. Presencia de obras



Fuente Co-investigadores

- Los gaviones de los cuales obtuvimos información poseen dos características importantes que son gaviones sin recubrimiento y los gaviones con recubrimiento en concreto.

Gráfica 26. Clase de gaviones

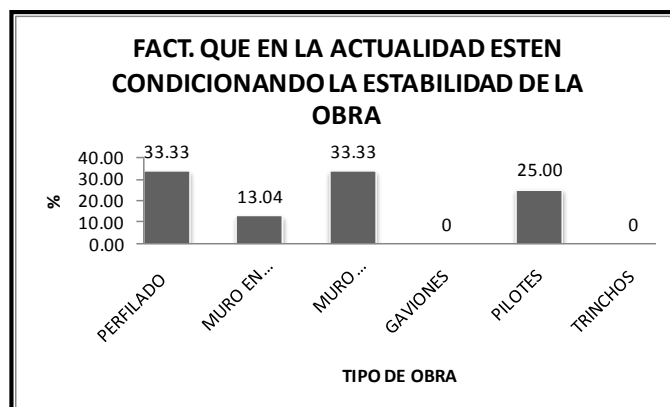


Fuente Co-investigadores

- **Factores que en la actualidad estén condicionando la estabilidad de la obra.** Para que se produzca la inestabilidad y puesta en movimiento de una masa de terreno que ponga en peligro la obra de estabilización deben intervenir y modificarse de forma conjunta varios factores.

La gran variedad de movimientos en los taludes es reflejo de la diversidad de factores que pueden originarlos. Es importante el reconocimiento de los factores que condicionan la estabilidad de los taludes y aquellos otros que actúan como desencadenantes de los movimientos. El conocimiento de estos factores permite una evaluación del peligro existente y, por lo tanto las medidas necesarias para evitar o corregir los posibles movimientos.

Gráfica 27. Presencia de Detonantes de posible inestabilidad



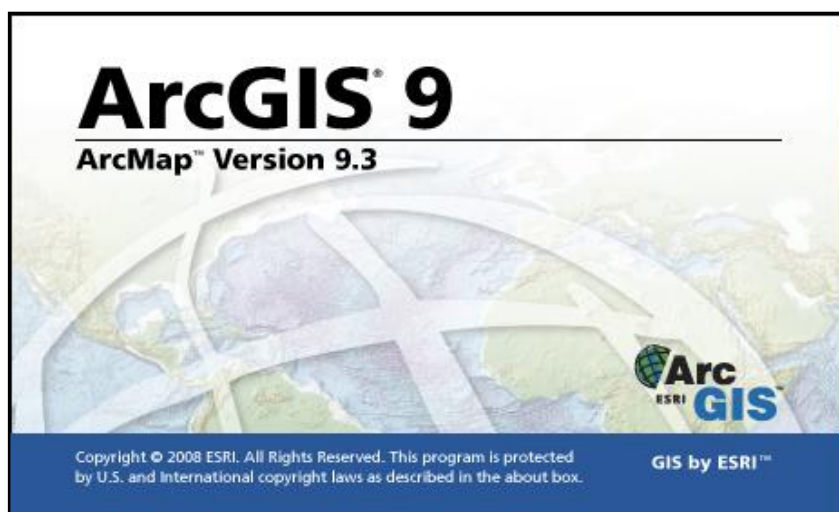
Fuente Co-investigadores

En estas obras son más representativos factores como la erosión, la deforestación, la falta de drenajes, cambios de cobertura vegetal.

9.4 GEOREFERENCIACIÓN DE DATOS Y SITIOS EVALUADOS

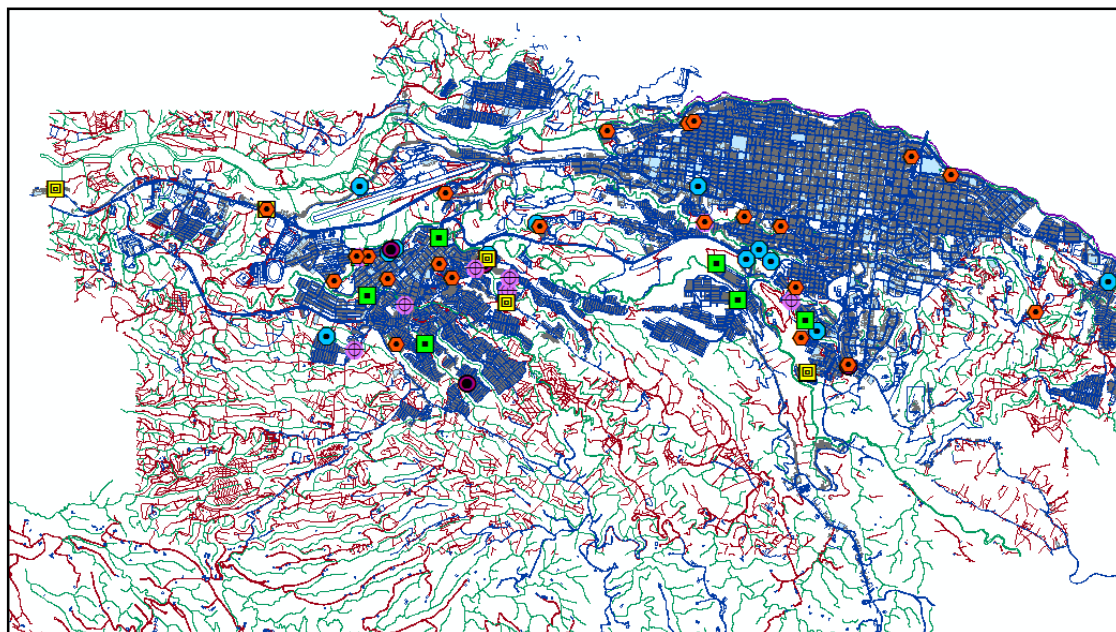
La Georeferenciación se adelanta mediante el software ArcGIS, en el cual se define la localización de las obras de mitigación.

Figura 36. Programa sistema de información geográfica



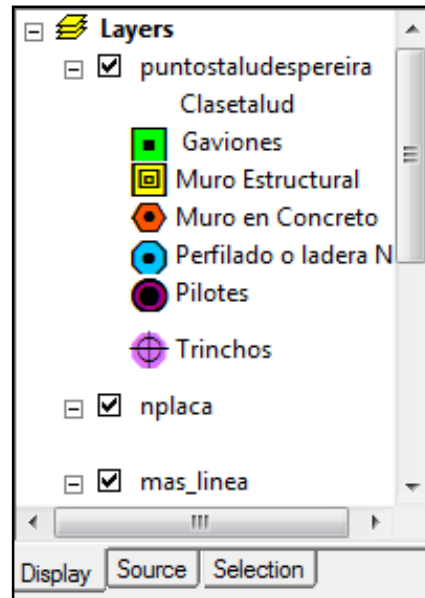
Fuente ArcGIS.

Figura 37. Localización de obras de mitigación



Fuente plataforma ArcGIS

Figura 38. Categorización de obras de mitigación



Fuente ArcGIS

Figura 39. Base de datos asociada a la Georeferenciación

Attributes of puntostaludespereira					
Nombretalud	fichatalud	Clasetalud	Simbolo	Comuna	
La florida - Boston CR 24	Ficha # 12	Gaviones	Gav-12	Boston	
San fernando CR22 CLL 73	Ficha # 31	Gaviones	Gav-13	Cuba	
Brías del consota CR 25	Ficha # 14	Gaviones	Gav-14	Cuba	
El poblado mz 1	Ficha # 15	Gaviones	Gav-15	Poblado	
Cuba CR24c CLL75	Ficha # 16	Gaviones	Gav-16	Cuba	
La Unidad mz c	Ficha # 17	Gaviones	Gav-17	Boston	
Barajas Frente a la vía principal al poblado II	Ficha # 19	Gaviones	Gav-19	Poblado	
El Libertador	Ficha # 20	Gaviones	Gav-20	El oso	
Cuba CLL 72-72bis CR 25	Ficha # 38	Muro en Concreto	M conc-38	Cuba	
Leningrado II mz 37 cs 458	Ficha # 39	Muro en Concreto	M conc-39	San Joaquín	
Los molinos CR 14 bis cs 22-25	Ficha # 40	Muro en Concreto	M conc-40	San Nicolás	
La villa - Catalan Av 30 agosto N87-196	Ficha # 41	Muro en Concreto	M conc-41	Olimpica	
Altos del Otun mz 1-2	Ficha # 36	Muro en Concreto	M conc-42	Oriente	
Villa mery CLL 75 CR 14-15	Ficha # 30	Muro en Concreto	M conc-43	San Nicolás	
Palermo CR 20-21 CLL 23	Ficha # 44	Muro en Concreto	M conc-44	Boston	
San fernando CR22 N 73-06	Ficha # 45	Muro en Concreto	M conc-45	Cuba	
La independencia CR 29 CLL 66	Ficha # 46	Muro en Concreto	M conc-46	Cuba	
El triunfo CR 2 CLL 45 Cs 45-63	Ficha # 47	Muro en Concreto	M conc-47	Otun	
Las Gaviotas CR29 CLL 21c	Ficha # 48	Muro en Concreto	M conc-48	Boston	
Ciudad Jardín - Central CLL 17 Bis 28-162	Ficha # 49	Muro en Concreto	M conc-49	Universidad	
Vereda Canceles CS Hernando Hernandez	Ficha # 50	Muro en Concreto	M conc-50	Villa Santana	
Alcazares CLL 11 # 4-24	Ficha # 51	Muro en Concreto	M conc-51	Centro	
20 de Julio-contiguo estacion de servicio	Ficha # 52	Muro en Concreto	M conc-52	Oriente	
Byron Gaviria CLL 38 A CS 38A-CS50	Ficha # 53	Muro en Concreto	M conc-53	Otun	
El Prado CLL 37 A mz 20-21 CR 2 bis	Ficha # 54	Muro en Concreto	M conc-54	Otun	
San Nicolas CR 14 CLL 30	Ficha # 55	Muro en Concreto	M conc-55	San Nicolás	
El Pluton CR 14 CLL 69 CS 31	Ficha # 56	Muro en Concreto	M conc-56	Ferrocaril	
San fernando CR22 CLL 73	Ficha # 31	Muro en Concreto	M conc-57	Cuba	
Olimpico I	Ficha # 58	Muro en Concreto	M conc-58	Olimpica	
Las Mercedes mz 13	Ficha # 59	Muro en Concreto	M conc-59	Consota	
El Rosal cs 650(632B)	Ficha # 60	Muro en Concreto	M conc-60	Consota	
La Unidad mz c	Ficha # 17	Muro Estructural	M estruc-32	Boston	
Belmonte Bajp cs 57-56-58-60-61	Ficha # 33	Muro Estructural	M estruc-33	Olimpica	
La villa - Catalan Av 30 agosto N 87 190	Ficha # 34	Muro Estructural	M estruc-34	Olimpica	
Panorama I mz 1-3-5	Ficha # 35	Muro Estructural	M estruc-35	Consota	
Altos del Otun mz 1-2	Ficha # 36	Muro Estructural	M estruc-36	Oriente	
Nogales CR 36 CLL 66	Ficha # 37	Muro Estructural	M estruc-37	Consota	
Boston CLL 18	Ficha # 0	Perfilado o ladera N	Perf-0	Boston	
Perla del Sur mz 5-7	Ficha # 1	Perfilado o ladera N	Perf-1	San Joaquín	
Matecaña CR 11 CLL 79	Ficha # 2	Perfilado o ladera N	Perf-2	Ferrocaril	
Sanfernando mz 18 CR 22	Ficha # 3	Perfilado o ladera N	Perf-3	Cuba	
Sanfernando- La playa mz19cs1-10	Ficha # 4	Perfilado o ladera N	Perf-4	Cuba	
San Nicolas CR16 CLL 28	Ficha # 5	Perfilado o ladera N	Perf-5	San Nicolás	
La dulcera cs 28 CR18 A 35	Ficha # 6	Perfilado o ladera N	Perf-6	San Nicolás	

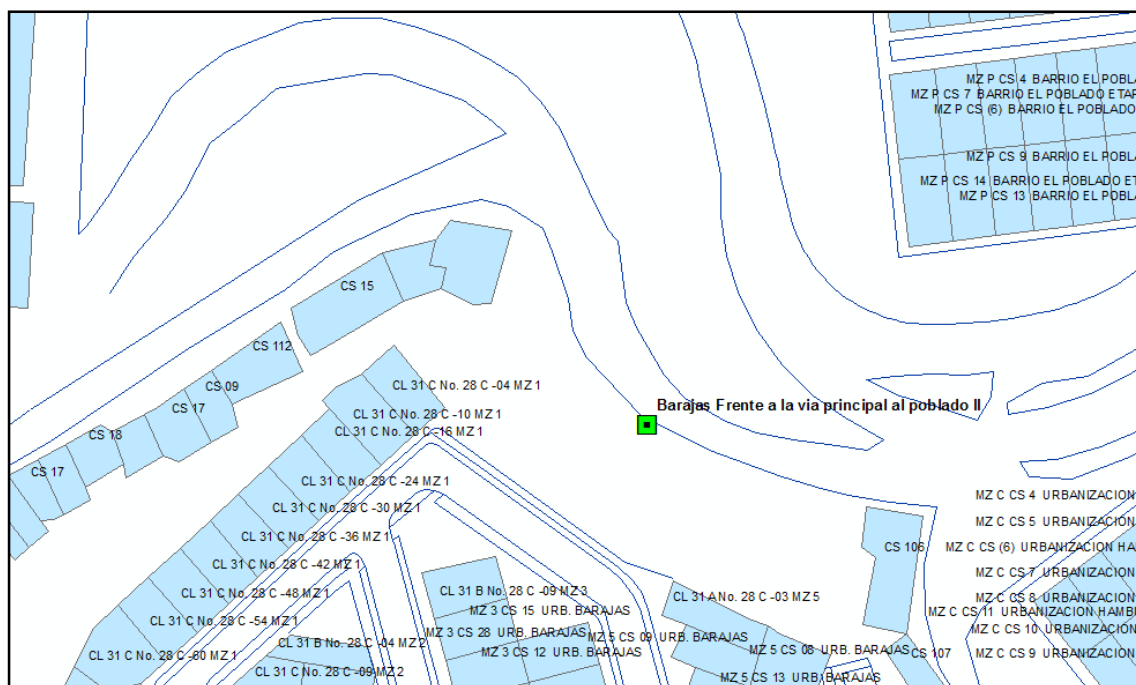
Fuente ArcGIS.

Figura 40. (Continuación)

Attributes of puntostaludespereira			
	Simbolo	Comuna	Rutalmagen
Gav-12		Boston	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA BOSTON\LA FLORIDA-BOSTON CR 24 25-9-10\VIDEOFOTOS12.MSWMM
Gav-13		Cuba	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA CUBA\SAN FERNANDO 23-10-10\SAN FERNANDO CR 22 CLL 72 23-01-2010\VFOTO31.MSW
Gav-14		Cuba	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA CUBA\Brietas del consota 18-12-2010\VIDEOFOTO14.MSWMM
Gav-15		Poblado	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA POBLADO\POblado 11-12-2010\VIDEOFOTO15.MSWMM
Gav-16		Cuba	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA CUBA\Cuba cil 75 cr 24 c Oda.el oso 18-12-2010\VIDEOFOTO16.MSWMM
Gav-17		Boston	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA BOSTON\LA UNIDAD MZ C 13-11-2010\VIDEOFOTO17.MSWMM
Gav-19		Poblado	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA POBLADO\Barajas 11-12-2010\VIDEOFOTO19.MSWMM
Gav-20		El oso	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA EL OSO\BERTADORES CR 34-CLL808 7-11-2010\VIDEOFOTO20.MSWMM
M conc-38		Cuba	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA CUBA\Cuba cr 25 cil 72-72 bw 23-10-10\VIDEOFOTO38.MSWMM
M conc-39		San Juan	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA SAN JUAN\LENINGRADO II MZ 37 #458 7-11-2010\VIDEOFOTO39.MSWMM
M conc-40		San Nicolas	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA SAN NICOLAS\LOS MOLINOS COM. SAN NICOLAS 4-09-10\VIDEOFOTO40.MSWMM
M conc-41		Olimpica	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA OLIMPICA\LA VILLA (CATALAN) 5-12-2010\VIDEOFOTO41.MSWMM
M conc-42		Oriente	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA ORIENTE\ALTOS DEL OTUNALTO DEL OTUNIMCONCIVIDEOFOTO42.MSWMM
M conc-43		San Nicolas	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA SAN NICOLAS\LA MERI.COM. SAN NICOLAS 11-09-10\VIDEOFOTO43.MSWMM
M conc-44		Boston	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA BOSTON\PALERMO CLL 23 CR 20-CR21 25-9-10\VIDEOFOTO44.MSWMM
M conc-45		Cuba	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA CUBA\SAN FERNANDO 23-10-10\CR 22 NP 73-08\VIDEOFOTO45.MSWMM
M conc-46		Cuba	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA CUBA\LA INDEPENDENCIA CLL 66 CR 29 14-11-2010\VIDEOFOTO46.MSWMM
M conc-47		Otun	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA RIO OTUNEL\TRIUNFO 1-11-10\CR 2 CLL45-CS 45-63\VIDEOFOTO47.MSWMM
M conc-48		Boston	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA BOSTON\LAS GAVIOTAS CR 29-CLL 21C- 13-11-2010\VIDEOFOTO48.MSWMM
M conc-49		Universidad	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA UNIVERSIDAD\Ciudad jardin - central cil 17bis 28-182 13-11-2010\mconciVF49.MSWMM
M conc-50		Villa Santana	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PVEREDA CANCELES\VIDEOFOTO50.MSWMM
M conc-51		Centro	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA CENTRO\Alcazares 8-01-2011\VIDEOFOTO51.MSWMM
M conc-52		Oriente	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA ORIENTE\11-10-20 DE JULIO ESTACION DE SERVICIO\VIDEOFOTO52.MSWMM
M conc-53		Otun	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA RIO OTUNEL\BYRON GAVRIA 28-08-10\VIDEOFOTO53.MSWMM
M conc-54		Otun	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA RIO OTUNEL\PRADO CLL37A-288 28-08-2010\VIDEOFOTO54.MSWMM
M conc-55		San Nicolas	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA SAN NICOLAS\SAN NICOLAS 11-09-10 CLL 30 CR 14\VIDEOFOTO55.MSWMM
M conc-56		Ferrocarril	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA FERROCARRIL\Plumon cil69-14 cil 31 19-12-2010\VIDEOFOTO56.MSWMM
M conc-57		Cuba	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA CUBA\SAN FERNANDO 23-10-10\SAN FERNANDO CR 22 CLL 72 23-01-2010\VFOTO31.MSW
M conc-58		Olimpica	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA OLIMPICA\OLIMPICO 5-12-2010\VIDEOFOTO58.MSWMM
M conc-59		Consota	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA CONSOTA 18-9-10\LAS MERCEDES MZ 13 14-11-2010\VIDEOFOTO59.MSWMM
M conc-60		Consota	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA CONSOTA 18-9-10\EL ROSAL CS 650 5-12-10\VIDEOFOTO60.MSWMM
M estruc-32		Boston	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA BOSTON\LA UNIDAD MZ C 13-11-2010\VIDEOFOTO17.MSWMM
M estruc-33		Olimpica	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA OLIMPICA\BELMONT 8-01-2011\VIDEOFOTO33.MSWMM
M estruc-34		Olimpica	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA OLIMPICA\LA VILLA (CATALAN) 5-12-2010\MURO ESTRUCTURAL\VIDEOFOTO34.MSWMM
M estruc-35		Consota	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA CONSOTA 18-9-10\PANORAMA IV\VIDEOFOTO35.MSWMM
M estruc-36		Oriente	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA ORIENTE\ALTOS DEL OTUNALTO DEL OTUNIVIDEOFOTO36.MSWMM
M estruc-37		Consota	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA CONSOTA 18-9-10\NOGALES CLL 66A CR 36\VIDEOFOTO37.MSWMM
Perf-0		Boston	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA BOSTON\BOSTON CLL 18 NP 23-86 25-9-10\VIDEOFOTO0.MSWMM
Perf-1		San Juan	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA SAN JUAN\Perla del sur mZ 5y 7 18-12-2010\VIDEO FOTO1.MSWMM
Perf-2		Ferrocarril	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA FERROCARRIL\MATECAÑA 1-11-10\VIDEO FOTOS2.MSWMM
Perf-3		Cuba	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA CUBA\SAN FERNANDO - LA PLAYA SAN FERNANDO 23-10-10\MZ 18\VIDEO FOTOS3.MSWMM
Perf-4		Cuba	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA CUBA\SAN FERNANDO - LA PLAYA SAN FERNANDO 23-10-10\MZ19\CSDEA10\VIDEOFOTO4.MSW
Perf-5		San Nicolas	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA SAN NICOLAS\SAN NICOLAS 31-10-10 CR 16 -CLL28\VIDEOFOTOS.MSWMM
Perf-6		San Nicolas	C:\Users\camilo\Desktop\Tesis J PCOMUNA SAN NICOLAS\LA DULCERA 31-10-10\CR18 A 35-CS 28\VIDEOFOTO6.MSWMM

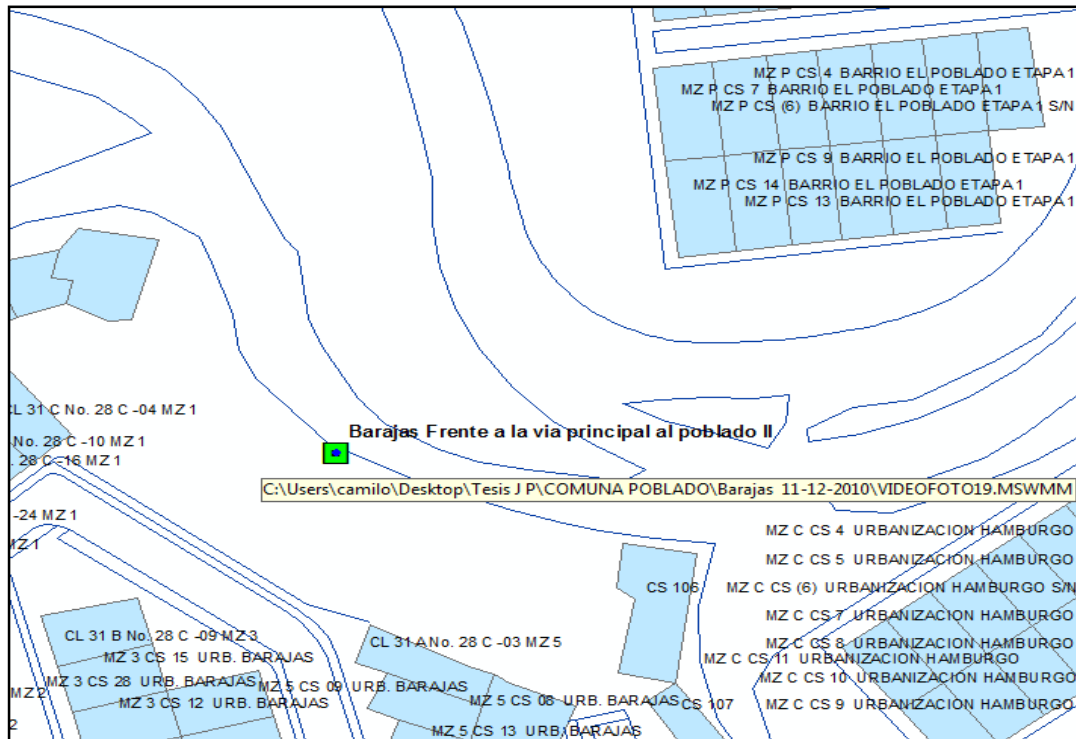
Fuente ArcGIS

Figura 41. Ejemplo de localización y consulta de información



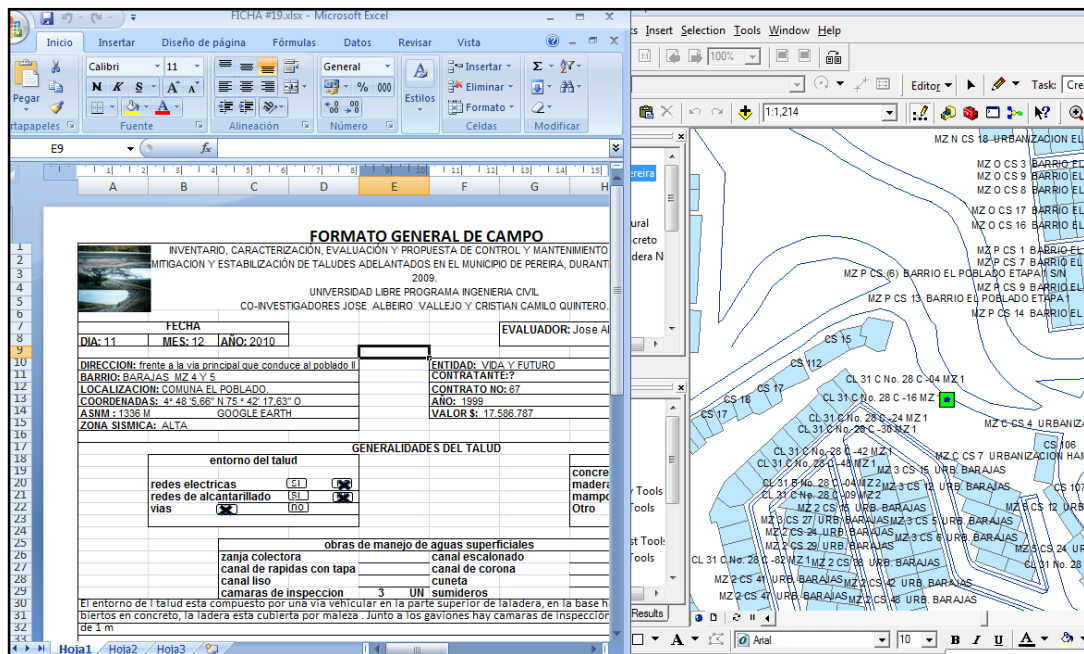
Fuente ArcGIS.

Figura 42. Hipervínculo para consulta de información



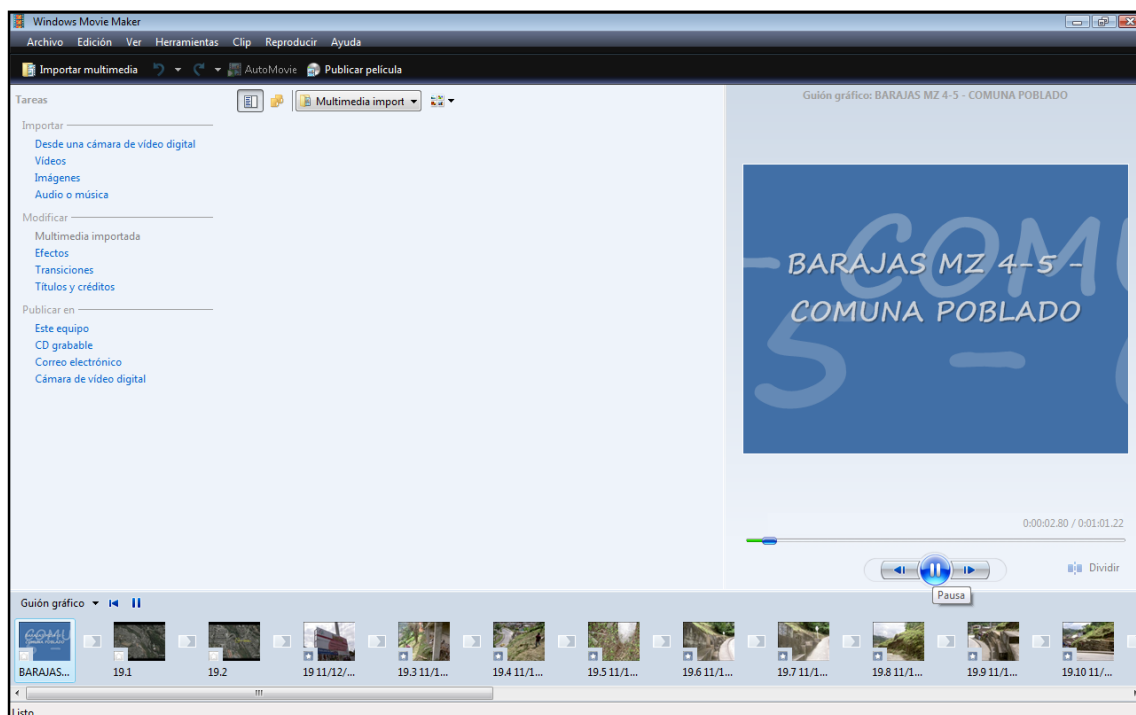
Fuente ArcGIS.

Figura 43 . Consulta de formato de campo



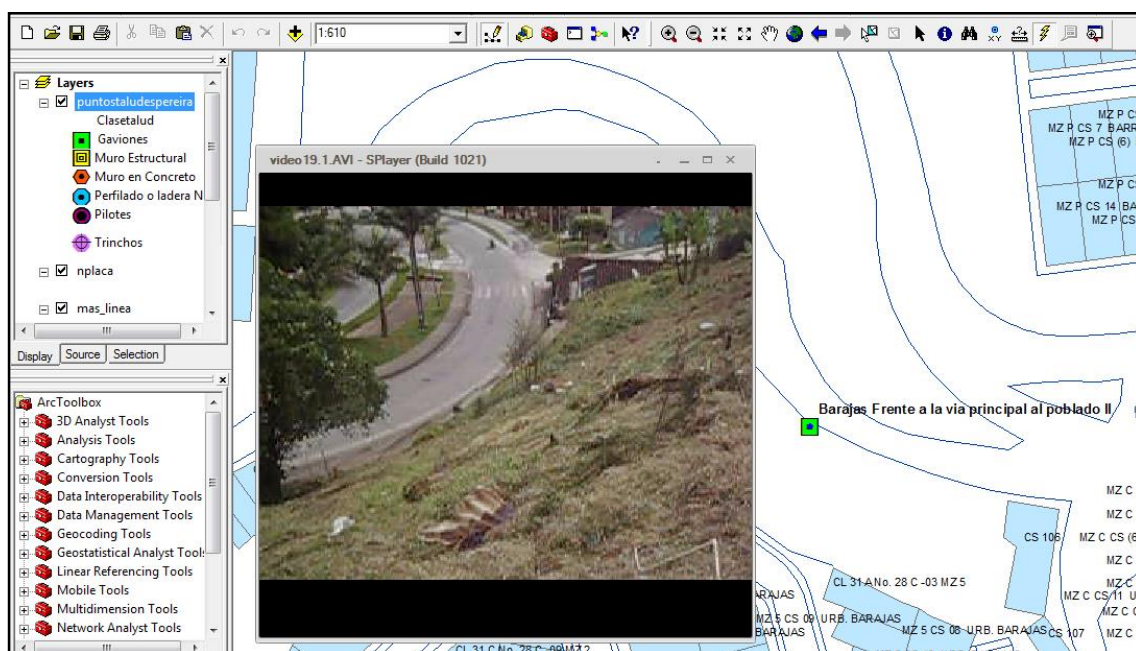
Fuente ArcGIS.

Figura 44. Consulta registro fotográfico



Fuente ArcGIS.

Figura 45. Consulta de video



Fuente ArcGIS.

The screenshot displays the AutoCAD Civil 3D Land Desktop Companion 2008 interface. The top menu bar includes File, Edit, View, Tools, Map, Express, Projects, Points, Parcels, Grading, Terrain, Alignments, Profiles, Cross Sections, Layout, Hydrology, Pipes, Sheet Manager, and Inquiry. The toolbar below the menu contains various icons for file operations, navigation, and modeling. The main workspace is divided into two views: a 3D perspective view on the left and a 2D map view on the right. The 3D view shows a green terrain surface, a grey road surface, and a cross-section of the road. The 2D map view shows a plan view of the road and surrounding areas, with labels for 'Barajas Frente a la via principal al poblado II' and 'CL 31-A No. 28 C-03 MZ 5'. The status bar at the bottom indicates the current layer is 'Model' and the current view is 'Presentación1'.

1. *Journal of the American Medical Association*, 1997; 278: 1039-1044.

condiciones hidrogeológicas e hidráulicas, las sobrecargas de las obras vecinas, los sistemas y procesos constructivos y los movimientos sísmicos.

Los estudios de estabilidad de taludes deben incluir como mínimo los siguientes documentos:

- Localización (nombre, plano de localización, objetivos del estudio, descripción del proyecto, sistema estructural y cargas)
- Resumen de la investigación adelantada en la área analizada, morfología del terreno, descripción visual sus características físico-mecánicas debidamente fundamentadas.
- Los parámetros geotécnicos para el diseño estructural del proyecto por ejm: (Cimentación, Profundidad de apoyo, presiones admisibles, asentamientos calculados, tipo de estructura de contención y parámetros para su diseño.)
- Perforaciones o sondeos.
El ingeniero geotecnista, podrá aumentar el número o la profundidad de los sondeos, dependiendo de las condiciones locales y los resultados iniciales de la exploración.
- Los sondeos con recuperación de muestras deben constituir como mínimo el 50% de los sondeos practicados en el estudio definitivo.
- En los sondeos con muestreo se deben tomar muestras cada metro en los primeros 5 m de profundidad y a partir de esta profundidad, en cada cambio de material o cada 1.5 m de longitud del sondeo.
- Al menos el 50% de los sondeos deben quedar ubicados dentro de la proyección sobre el terreno de las construcciones.
- Los sondeos practicados dentro del desarrollo del Estudio Preliminar pueden incluirse como parte del estudio definitivo - de acuerdo con esta normativa - siempre y cuando hayan sido ejecutados con la misma calidad y siguiendo las especificaciones dadas en el presente título del Reglamento.
- El número de sondeos finalmente ejecutados para cada proyecto, debe cubrir completamente el área que ocuparán la unidad o unidades de construcción contempladas en cada caso, así como las áreas que no quedando ocupadas directamente por las estructuras o edificaciones, serán afectadas por taludes de cortes u otros tipos de intervención que deban ser considerados para evaluar el comportamiento geotécnico de la estructura y su entorno.

- En registros de perforaciones en ríos o en el mar, es necesario tener en cuenta el efecto de las mareas y los cambios de niveles de las aguas, por lo que se debe reportar la elevación (y no la profundidad solamente) del estrato, debidamente referenciada a un datum preestablecido.
- Ensayos de laboratorio.
 - El tipo y número de ensayos dependen de las características propias de los suelos a investigar, de las características de las amenazas analizadas y del criterio del ingeniero geotécnico.
 - Las muestras obtenidas de la exploración de campo deberán ser objeto de los manejos y cuidados que garanticen su representatividad y conservación. Las muestras para la ejecución de ensayos de laboratorio deberán ser seleccionadas por el ingeniero geotecnista y deberán corresponder a los diferentes materiales afectados por el proyecto.
 - El tipo y número de ensayos depende de las características propias de los suelos o materiales rocosos por investigar, del alcance del proyecto y del criterio del ingeniero geotecnista
- Análisis de estabilidad teniendo en cuenta eventos sísmicos.
 - El análisis de estabilidad consiste en el cálculo de los factores de seguridad de las laderas o taludes utilizando sistemas Internacionalmente aceptados de análisis, mediante el empleo de un programa de Software.
 - Se deben presentar además, todos los análisis que se requieran de acuerdo a las características de las amenazas de movimientos de remoción en masa. Si se requiere deben presentarse análisis de las deformaciones del suelo. Todos los parámetros utilizados para los análisis de estabilidad deben estar sustentados en ensayos de laboratorio de las muestras o ensayos de resistencia en campo.
 - En cuanto a la Estabilidad en eventos sísmicos, Corresponde al estudio de las condiciones naturales de un terreno con relación a los valores de aceleración establecidos que permitan modelar el potencial de licuación de capas de arenas, o estabilidad de laderas y taludes que afecten las obras proyectadas.
- Recomendaciones para la construcción.
 - En el caso en el cual los factores de seguridad a estabilidad de los taludes en condiciones estáticas sean inferiores a 1.5 se requiere presentar las recomendaciones de las obras de estabilización con su respectivo diseño.

Estas obras pueden consistir en:

- Filtros o Subdrenes: Subdrenes de zanja, pantallas de subdrenaje, subdrenes de penetración y Estructuras de contención: muros, estructuras en tierra reforzada, pantallas ancladas. Revegetalización u obras de bioingeniería, Adicionalmente, se deben presentar recomendaciones para el sistema de excavación y de relleno.
- Sistema geotécnico constructivo
- Es un documento complementario de obligatoria elaboración, este debe incluir aspectos como secuencia de excavación, métodos de perforación, tratamientos estabilizadores previos, aplicación de precargas, cambios en las trayectorias de drenaje u otros que puedan alterar o modificar en forma importante el comportamiento de los geomateriales que conforman el suelo de fundación, procedimientos constructivos de la cimentación y planes de contingencia.

Todo proyecto de construcción deberá incluir un análisis de las condiciones físicas e hidromecánicas de los depósitos de suelos o macizos rocosos involucrados para esto se deberán considerar al menos los siguientes escenarios:

- Escenario antes de la construcción; en él se describen las condiciones de los geomateriales in-situ determinadas mediante los procedimientos y practicas convencionales y aquellas de que tratan la NSR-10.
- Escenario durante la construcción; en este se describirán las condiciones que cambian o modifican las propiedades de los geomateriales como cambios en el estado de esfuerzos (humedecimiento – secado, descargas-recargas), efectos debidos a operaciones de perforación, vibraciones, y manejo de lodos y en general cualquier tipo de alteración.
- Escenario después de la construcción; Se describen las condiciones en las que se espera que permanezcan los geomateriales durante la vida útil de la estructura, para lo cual se debe prever la necesidad de construcción de sistemas especiales de mantenimiento de la estructura y si fuera el caso de los elementos de cimentación y el suelo que los rodea, así como la instrumentación y monitoreo de la posible variación de propiedades esfuerzo-deformación de los suelos de apoyo.
- En estructuras de contención

Independientemente del tipo de estructura se deberá prever los cuidados necesarios para no inducir sobreesfuerzos que conlleven deformaciones sobre

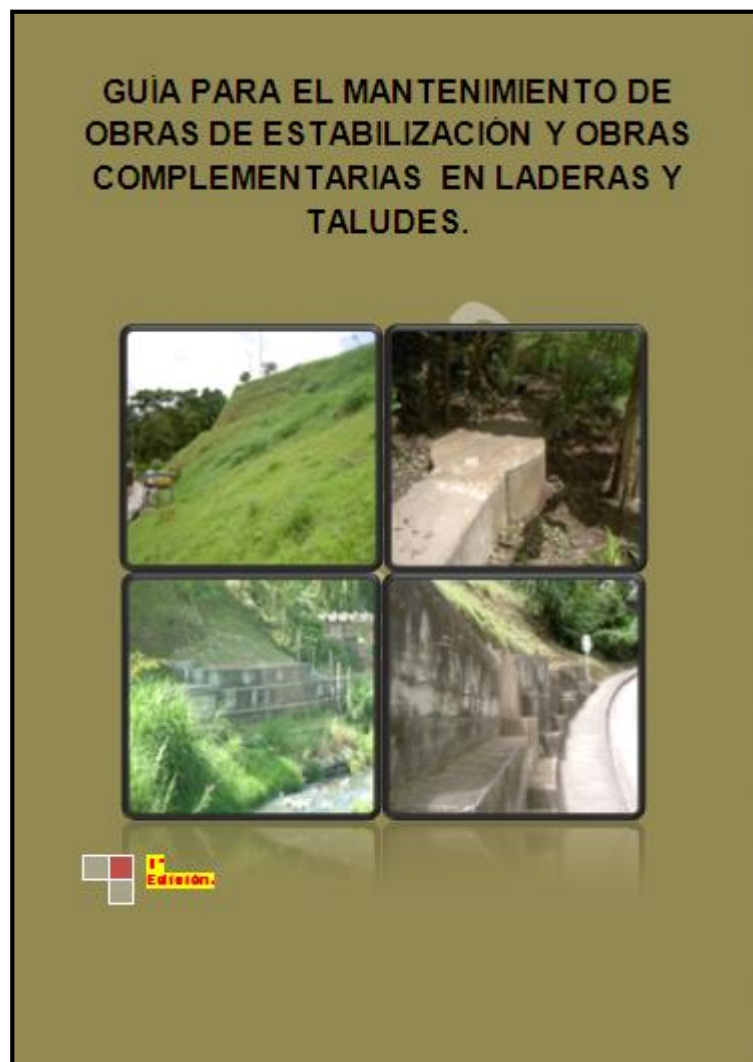
estas y que posteriormente puedan reducir la capacidad de soporte para la cual fueron diseñadas.

- Debe incluir la secuencia completa de ejecución de actividades, de manera tal que se garantice que ni los suelos de cimentación ni aquellos que servirán de relleno a la estructura de contención, sufran variaciones importantes en su rigidez y resistencia, y de manera particular en la densidad del material a colocar en el trasdós del muro, toda vez que este factor puede inducir degradación prematura de la estructura de contención.
- Los sistemas de drenaje preventivo deberán diseñarse e instalarse en la forma adecuada para buscar tanto la estabilidad de la estructura de contención como del material contenido y la menor variación posible de las trayectorias de drenaje naturales.
- Procedimientos constructivos para cimentaciones
 - El desplante de la cimentación se hará a la profundidad señalada en el estudio geotécnico. Sin embargo, deberá tenerse en cuenta cualquier discrepancia entre las características del suelo encontradas a esta profundidad y las consideradas en el proyecto, para que, de ser necesario, se hagan los ajustes correspondientes. Se tomarán todas las medidas necesarias para evitar que en la superficie de apoyo de la Cimentación se presente alteración del suelo durante la construcción por saturación o remoldeo.
 - Las superficies de desplante estarán libres de cuerpos extraños o sueltos. Se debe incluir la secuencia en la que se deben realizar las excavaciones superficiales, disposición de sobrantes de excavación, incidencia por posibles cambios o alteraciones en las trayectorias de drenaje y variaciones del nivel freático, tiempo máximo de exposición de los geomateriales ante cambios en las condiciones ambientales, efectos por ciclos de humedecimiento–secado que puedan conllevar variaciones en las propiedades mecánicas e hidráulicas de los materiales de apoyo, efectos por ciclos de carga–descarga a los que se puedan ver sometidos los materiales del perfil, hasta la profundidad de influencia previamente determinada.
- Cimentaciones con pilotes o pilas
 - La colocación de pilotes y pilas se ajustará al proyecto correspondiente, verificando que la profundidad de desplante, el número y el espaciamiento de estos elementos correspondan a lo señalado en los planos estructurales. Los procedimientos para la instalación de pilotes y pilas deberán garantizar la integridad de estos elementos y que no se ocasionen daños a las estructuras e instalaciones vecinas por vibraciones o desplazamiento vertical y horizontal del suelo.

- Manual para el mantenimiento de las obras de mitigación
- Toda obra de mitigación debe poseer su respectivo manual de mantenimiento para que la entidad correspondiente pueda ejecutar de manera óptima su mantenimiento, por esto se hace obligatorio que el profesional encargado de diseñar la obra de mitigación proporcione este documento, para así prolongar su vida útil y mejorar su funcionalidad.

9.6 El manual para el mantenimiento de taludes y laderas que proponemos estará dentro de los anexos.

Figura 47. Manual de mantenimiento



10. CONCLUSIONES

- Entre las obras de mitigación asignadas a esta investigación se encontraron algunas en pésimo estado, una que colapso totalmente y muchas que no existen o desaparecieron. Del total de estas obras resalta el alto porcentaje de trinchos en guadua con un 42,11% de unidades inexistentes, la mayoría de estas estructuras fueron ejecutadas por el FOREC luego de que el terremoto de 1999 afectara algunas zonas que se desestabilizaron asociado a su ocurrencia. La vida útil de una estructura de estas en zonas de altas precipitaciones es muy baja, y es por esto que las laderas donde se instalaron, hoy no cuentan con estabilidad alguna.
- El 26,32% de las obras no encontradas fueron pilotes, donde no se evidencio presencia alguna, infiriéndose que los mismos estuvieran enterrados, sin forma de localizarse. El 21.05% de obras no encontradas son perfilados, algunos de ellos apuntan a zonas de baja pendiente sin que la ejecución de la medida fuese absolutamente necesaria. El 10.5% no encontradas, son muros en mampostería estructural que posiblemente colapsaron o nunca se construyeron.
- Algunas obras están siendo afectadas por la deforestación hecho este que genera consecuencias como la alteración al régimen hidrológico, disminución de la capacidad de retención e incremento de la infiltración; favoreciendo la erosión.
- La falta de drenajes también es un factor importante en la inestabilidad de un talud o ladera, el aumento de contenido de agua en los materiales que conforman el talud produciendo un debilitamiento y haciendo que ocurra un mayor esfuerzo cortante. Con estos problemas significativos y de preocupante situación tenemos en nuestro registro 4 perfilados, 3 muros en concreto, 2 muros estructurales y 1 obra en pilotes.
- El 66.67% de laderas y perfilados cuentan con cobertura vegetal, al igual que el 47.83% en obras con muros en mampostería estructural, 33.3% de muros en concreto, 75% de gaviones y 50% de trinchos en guadua, el resto de estructuras están propensas a fenómenos de erosión, socavación y pérdida de remoción de masa.
- Se encontraron algunas obras para el manejo de aguas superficiales entre ellas 5 cunetas, 3 canales escalonados, 4 sumideros, 8 zanjias

colectoras, 2 canales de corona entre las 72 obras visitadas. Solo en las cunetas que equivalen al 6.9% de unidades del total de las obras se refleja la necesidad de estas. Lo que hace pensar que evidentemente son muy pocas para el correcto funcionamiento de los sistemas de estabilización.

- Esto se ve reflejado en las obras con presencia de agua que no cuentan con estructuras que despejen el agua ò en algunos casos los canales y cunetas se encuentran obstruidos por escombros, basuras, desechos orgánicos y malezas, también pudo ocurrir por lloraderos obstruidos; 25% de perfilados, 13.04% de muros en mampostería estructural, 16.67% de muros en concreto, 50% de los gaviones y 25% de pilotes.
- Del total de las obras de mitigación el 31.08% son muros en concreto reforzado, el 16,22% perfilado, el 10,81% son gaviones, el 8,11% equivalen a muros en mampostería estructural, el 5,41% son pilotes, el 2,70% trinchos en guadua y el 25,68% de las obras no se encontraron ò desaparecieron en el transcurso de esta década.
- Del total de las obras que no se encontraron en el sitio exacto de la descripción de la base de datos el 42,11 % son trinchos en guadua, el 26,32% pilotes, el 21,05% perfilado, y el 10,5% muros en mampostería estructural. Se pregunto a la población aledaña al sector y estas confirmaron la existencia de algunas obras de mitigación en algún lugar de la década, al igual que la inexistencia total en otras.
- Las obras que están siendo afectadas por factores como la deforestación, falta de drenajes, cambios de cobertura vegetal y la erosión son: 4 perfilado, 3 muros en concreto, 2 muros estructurales y 1 obra en pilotes.
- Del total de las obras el 66,67% de obras de mitigación pertenecientes a laderas naturales y perfilados poseen cobertura del suelo, al igual que el 47.83 % de muros en mampostería estructural, el 33.33 % de muros en concreto, el 75% de los gaviones, el 50 % de los trinchos en guadua, y el 0 % de pilotes.
- En las obras visitadas se encontró que solo el 56.52 % de los muros en mampostería estructural y el 16.67% de muros en concreto reforzado contaban con manejo de aguas subterráneas, el resto de las obras visitadas no poseían esta cualidad.

- Las obras para el manejo de aguas superficiales identificadas son: 5 cunetas equivalentes al 6.9 % de posesión en los lugares visitados, también 3 canales escalonados equivalentes al 4.17 %, 4 sumideros que equivalen al 5.5%, 8 zanjias colectoras equivalentes al 11.11 %, 11 cámaras de inspección que equivalen al 15.27 % de posesión en obras visitadas y 2 canales de corona equivalentes al 2.78% de esta clase de canales en las 72 obras visitadas.
- Del total de las obras que se visitaron contaban con presencia de agua el 25 % de los perfilados, el 13,04% del los muros en mampostería estructural, un 16, 67% de muros en concreto reforzado, el 50% de los gaviones, un 25% de pilotes y un 0% de trinchos en guadua.
- El porcentaje de las obras en las que se evidencia presencia de viviendas son : el 91.67% de los perfilados , un 78.26% de muros en concreto , el 50% de los muros estructurales, el 100% de los gaviones , un 75% de pilotes y el 100% de los trinchos en guadua.
- El porcentaje de obras de mitigación por las que pasan una o varias redes eléctricas son: el 50% de los perfilados, el 39.13% de los muros en concreto, el 33.33 % de los muros en mampostería estructural, un 37.5% de gaviones, un 50 % de pilotes y el 50 % de los trinchos en guadua.
- El porcentaje de obras de mitigación que cuentan con vías aledañas (peatonales y/ò vehiculares) son: perfilado el 41.67%, muros en concreto un 52.1 %, muros estructurales el 50%, un 25 % de gaviones el 100 % de los trinchos y el 0% de los pilotes.
- El porcentaje de las obras de mitigación que cuentan con alguna presencia de redes de alcantarillado son: el 33.33% de los perfilados, el 43.48% de los muros en mampostería estructural, un 50% de muros en concreto, 50% de los gaviones, el 50% de los pilotes y el 100% de los trinchos en guadua.

11. RECOMENDACIONES

- En las visitas que realizamos observamos que la mayoría de las obras de mitigación que cuentan con canales de desagüe estos se encuentran obstruidos por tierra, basuras, escombros y cobertura vegetal excesiva haciendo que estas estructuras no cumplan con su función al 100% y por consiguiente el talud asuma la responsabilidad de contener el agua que se desborda saturándose considerablemente . La recomendación es para que se haga un mantenimiento periódico a estas estructuras que se encuentran en un abandono total.
- En los sitios que se visitaron y faltaban estructuras como trinchos en guadua es importante prestarle mucha atención a estas zonas, ya que las autoridades desconocen el problema de inestabilidad que puede estar afectando el sitio. En la base de datos donde figuran estos aparecen como si estuvieran ejerciendo su función pero estos se deterioraron no se sabe con exactitud hace cuanto tiempo, haciendo necesario que se construyan de nuevo por la vulnerabilidad en que se encuentran estos sectores de la ciudad. La recomendación es que cuando estos se construyan tengan un control de vida útil para estas estructuras y cuando se cumpla dicha vida reemplazarlos por nuevos ejemplares.
- Algunas estructuras en concreto y mampostería que se analizaron tenían fisuras muy pronunciadas y deterioro considerable, es importante que se realice una revisión periódica a estas para evitar posibles colapsos inesperados como ocurrió con un ejemplar que colapso antes de que lo visitáramos.
- Es importante que el sitio estabilizado cuente con un repoblamiento vegetal adecuado que actúe contra la acción erosiva que causa la lluvia, es recomendable propiciar características deseables en el suelo, medidas como la fertilización antes de incluir un material vegetal al momento de la siembra. La composición de especies debe ser variada y debe incluir especies de porte bajo (gramíneas) y de porte medio bajo (arbustivas) para disipar el impacto de las gotas de lluvia y disminución de velocidades de las aguas de escorrentía siendo necesario una cobertura superior al 70 % del terreno.
- Las especies arbóreas no deben incluirse en los programas de estabilidad de taludes por su elevado peso así como evaluarse la

incorporación de estos en la parte alta de un talud cercano a la zanja de coronación por el daño que pueden provocar sus raíces.

BIBLIOGRAFÍA

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. TITULO C15.12 Y H, Bogotá D.C. Colombia marzo del 2010. 578 p.66p.

------. Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente.NSR-98.TITULO C15.12 Y H. Bogotá D.C. Colombia enero del 1998. 240p. 56p.

BADILLO, Eulalio Juárez y RODRÍGUEZ, Alfonso rico. Mecánica de suelos-teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos. t .2. México, DF. Editorial limusa, S.A. de c.v. Grupo Noriega Editores. 2004. p .255-257.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BATISTA LUCIO, pilar. Metodología de la investigación, cuarta edición. Mc Graw Hill. 2006. p. 99-109.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC).Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas.NTC1486-5613-4490. Bogotá D.C. El instituto 2009.36 p.33 p.23p.

LÓPEZ JIMENO, Carlos, et al. Manual de estabilización y revegetación de taludes. 2 ed. Madrid, España. Editorial U.D. 2002. 704 p.

SECRETARIA DE PLANEACIÓN. Mapa barrios y asentamientos humanos de la ciudad de Pereira. Escala 1:10000. Pereira. SIGPER, 2007.

SUÁREZ DÍAZ, Jaime. Control de la erosión en zonas tropicales. Bucaramanga, Colombia. Ingeniería de Suelos Ltda. 2001. p. 350-369, 227-235,448-459.

------. Deslizamientos análisis geotécnico – Técnicas de remediación. Bucaramanga, Colombia .Ingeniería de Suelos Ltda. Universidad Industrial de Santander, UIS Facultad de Ingenierías Físico Mecánica, Escuela de Ingeniería Civil.2009.t. 1. p. 3-4214-223, t. 2 ,10-14,21-26,110-123,151 – 156,174 p, 240-253.

------. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga, Colombia .Ingeniería de Suelos Ltda. 1998. p. 1-3,11-28, 385-391, 430-452, 488 – 533, 294 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ, MINISTERIO DE TRANSPORTE E INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras. **Bogotá DC, Colombia.** [s.n.]. 2006. p .9-19,25-31.

INFOGRAFÍA

ESRI Arc map 9.3 [CD ROM].1999-2008.ESRI Inc. sistema requerido: MPC estándar CD-ROM. Intel (R) Core (TM)2 Duo CPU T6670 @ 2.20 GHz, memoria (RAM) 4.00 GB. Sistema operativo de 32 bits.

Manual para la inspección visual de obras de estabilización. [En línea].Bogotá D.C. Universidad nacional de Colombia, ministerio de transporte. Octubre del 2006. Vol. 1. Disponible en internet: http://www.invias.gov.co/invias/hermesoft/portallG/home_1/recursos/informacion_institucional/documentos/25042008/docu_publicaciones5.pdf

Manual para la inspección visual de estructuras de drenaje. [En línea].Bogotá D.C. Universidad nacional de Colombia, ministerio de transporte. Octubre del 2006. Vol. 1.Disponible en internet: http://www.invias.gov.co/invias/hermesoft/portallG/home_1/recursos/informacion_institucional/20122007/documento_tecnico.jsp. pág. 21

Manual técnico Obras de contención. [En línea]. Brasil. Maccaferri do Brasil Ltda. Disponible en internet: http://www.maccaferri.com.br/download/mtobrascont_es.pdf?PHPSESSID=a8m5p2f57i889e99b56utaa5a2 pág. 183

Ramos Chagoya, Ena. La metodología. [En línea].México. 01-07-2008. La investigación Científica. Disponible en internet: <http://www.gestiopolis.com/economia/metodos-y-tecnicas-de-investigacion.htm>

NORMAS GEOTECNICAS CDMB (Corporación Autónoma regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga.)[En línea].Colombia 2005. Obras mínimas de estabilización de taludes Disponible en internet: http://www.cdm.gov.co/web/index.php/descargas/cat_view/131-normas-tecnicas-.html

OBRAS DE REDUCCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS EN EL DEPARTAMENTO DE CALDAS. [En línea].Manizales Colombia 2006. Corpocaldas, Sostenibilidad de las obras, obras de contención, Disponible en internet: www.manizales.unal.edu.co/gestion_riesgos/.../CorpocaldasObras.pdf

ANEXOS

ANEXO A

- Fichas de recolección de información en campo, Consecutivo de 0 – 63) en medio magnético CD.

ANEXO B

- el registro fotográfico de cada uno de los sitios estudiados; se suministra en medio magnético.

ANEXO C

- parámetros para el desarrollo de medidas de mitigación (Matriz); en medio magnético y físico (pliego).

ANEXO D

- Base de datos geo-referenciada; software ArcGIS 9.3 (en medio magnético, plano impreso), tienen que tener instalado el software para poder ver la base de datos geo-referenciada.

ANEXO E

- Manual de mantenimiento para obras de estabilización; en medio magnético CD.